

## ЭКОЛОГИЯ ПОЧВ

УДК: 504.05:504.38.631.92:631.4

<sup>1</sup>Лебедь Л.В., <sup>1</sup>Есеркепова И.Б., <sup>2</sup>Иорганский А.И., <sup>3</sup>Кошен Б.М.,  
<sup>2</sup>Рамазанова С.Б., <sup>1</sup>Царева Е.

### ДИНАМИКА ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ДЛЯ ПАХОТНЫХ УГОДИЙ В КАЗАХСТАНЕ

<sup>1</sup>АО "Жасыл Даму" МЭ РК, г. Астана - Алматы

<sup>2</sup>ТОО "Казахский НИИ земледелия и растениеводства" МСХ РК, п. Алмалыбак, Алма-  
тинской области

<sup>3</sup>ГУ "РНПЦ "Агрохимслужба" МСХ РК, п. Научный, Акмолинской области

**Аннотация.** В статье представлены экспериментальные расчеты динамики потоков парниковых газов для пахотных угодий в Казахстане с оценкой за 1945-2010 гг. и перспективным прогнозом тенденций до 2020 и 2030 гг. Расчеты проводились на базе методов, рекомендуемых Межправительственной группой экспертов по изменению климата (IPCC) с привлечением доступных эмпирических данных, полученных в стране различными ведомствами и организациями.

**Ключевые слова:** пашня, парниковые газы, поглощение, эмиссия, управление землей.

### ВВЕДЕНИЕ

По В.И. Вернадскому почва представляет собой биокосную систему с высокой плотностью жизни, где аккумулируется солнечная энергия, зафиксированная в массе заключенного в почве живого вещества, гумуса и разнообразных минеральных и органо-минеральных соединений [1]. В отличие от других мощных аккумуляций солнечной энергии с длительной консервацией (каменные угли, нефть, горючие сланцы), в почве идут непрерывное обновление и трансформация форм энергии. В почву из атмосферы проникают газы, из почвы в атмосферу направлены обратные потоки газов, главным образом углекислый газ (CO<sub>2</sub>). Растительность является поставщиком в почву органических веществ и ассимилированной в процессе фотосинтеза энергии. Ассимилированный растениями в процессе поглощения углекислого газа углерод тратится на построение разнообразных органических веществ, растительных тканей и с растительными остатками попадает в почву. В специфическом органическом веществе почвы - гумусе, образующемся при разложении растительных остатков, углерода содержится от 30,2 до 70,5 %. Как

наиболее динамичный элемент почвы, гумус постоянно обновляется в процессе гумификации за счет ежегодно поступающих новых органических остатков и минерализации имеющегося в почве гумуса в результате деятельности различных микроорганизмов [2, 3].

Гумус – источник углекислого газа в почвенном воздухе и приземных слоях атмосферы. Содержание углекислого газа в почве составляет обычно 0,2-0,5 %, что на порядок выше его содержания в атмосфере (0,03 %). Разность парциальных давлений кислорода и углекислого газа в атмосферном и почвенном воздухе является главной причиной газообмена между почвой и атмосферой [2]. Важное значение при этом имеет плодородие почвы, сочетание в ней аэробного и анаэробного процессов, условий разложения органического вещества, содержания гумуса и азота, которые тесно связаны между собой. Интенсивные обработки почвы ведут к усилению в ней биологических процессов, разрушению гумуса. Почти повсеместно в мире отмечается тенденция снижения содержания гумуса в почве, увеличения минерализации органического углерода с одновременным высвобождением азота и эмиссии их соединений в атмо-

сферу, которые становятся практически управляемыми[3].

#### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

*Динамика гумуса в почве и потоков органического углерода.*

По сведениям Казахского научно-исследовательского института почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова, 61,2 млн. га земельных угодий в Казахстане определяются как пахотнопригодные, из которых 52,9 млн. га размещаются на равнинной территории и 8.3 млн. га в горной зоне [4]. Наиболее плодородные из них, черноземы (более 16 млн. га) и каштановые почвы (около 27 млн. га) с содержанием гумуса 3-4 % и более в пахотном горизонте, а также сероземные, горные каштановые и черноземные почвы с содержанием гумуса от 1,5-2,0 % и более, постепенно осваивались под пашню за последние 150 лет. Общая площадь распаханых земель в Казахстане к 1953 году составляла всего 12 млн. га, но после массового освоения целины достигала 41 млн. га (1960 г.). Запас гумуса в метровом горизонте целинных черноземов составляет 300 т/га и более, темно-каштановых - 197 т/га [5]. Соотношение содержания углерода и азота в почвенном гумусе находится в пределах 8-12.

Темпы минерализации углерода в почве пахотных угодий могут существенно замедляться или ускоряться, в зависимости от технологии обработки, способов управления землей и продолжительности использования. До середины 60-ых годов минувшего столетия практика земледелия в Казахстане придерживалась классических принципов глубокой вспашки, что определяло стабильное уменьшение запасов гумуса в старопашотной почве. Для целинных земель, которые вовлекались в обработку в 1953-1960 годы, поступление органического вещества в почву сразу резко уменьшалось, процессы минерализации начинали преобладать над процессами гумификации, возникала

масштабная проблема ветровой эрозии, низкой урожайности, усиленных темпов потери почвенного углерода [6]. В этот период под руководством академика А.И. Бараева в Казахстане было положено начало разработки почвозащитной системы земледелия. Основная суть ее сводилась к сохранению в зерно-паровых севооборотах плодородия почвы путем применения безотвальной ее обработки, оставления на поверхности максимального количества стерни и соломы. Уже к 1980 году в хозяйствах преимущественно применяли глубокую плоскорезную обработку почвы, которая обеспечивала накопление снега стерней, сокращение поверхностного стока талых вод, уменьшение засоренности полей [6, 7]. По итогам развернутых в стране во второй половине минувшего столетия мероприятий по интенсификации сельского хозяйства, включая "химизацию", внедрение интенсивных технологий возделывания зерновых, на начало 90-ых годов в почву пахотных земель вносилось до 0,67 млн. тонн минеральных удобрений, 22,40 млн. тонн навоза (таблица 1). Кроме того, после уборки урожая в почву ежегодно поступало до 0,25 млн. тонн растительных остатков, что обеспечивало значительное улучшение минерального питания сельскохозяйственных культур, сохранение структуры почвы и ее плодородия.

Многолетние полевые наблюдения, выполняемые в Северном Казахстане в 1960-1990 гг. на опытных участках в зерно-паровом севообороте на черноземных почвах без удобрений, показали, что содержание гумуса в пахотном горизонте почвы на 1990 год уменьшалось всего на 10-12 % по сравнению с его содержанием на целине [8]. А в опытах в зерно-паровом шестипольном севообороте, включающих внесение фосфорных удобрений и оставление стерни и соломы на полях, содержание гумуса в пахотном горизонте за 30-

летний период пользования землей сокращалось, по сравнению с целинным участком, на величину 4,9-7,2 % [9]. Таким образом, если принять во внимание, что разовые потери почвенного гумуса при вспашке целины составляли порядка 10-15 % [10], то в 80-ые годы и вплоть до 1992 года на пахотных угодьях в Северном Казахстане практически наблюдался бездефицитный баланс гумуса.

За последний двадцатилетний период (1990-2010 гг.) в практике зем-

лепользования страны произошли резкие изменения: впервые за всю его историю площадь пашни резко сократилась до 21,49 млн. га т.е. в 1.7 раза (2000 г.), с выводом ее части в категорию "залежь" и "пастбища". Одновременно за эти годы в десятки раз уменьшилось количество вносимых в почву минеральных и органических удобрений, в 1.5-2 раза снизилось поступление в почву биологических остатков урожая сельскохозяйственных культур (таблица 1).

Таблица1 – Режим использования пашни в Казахстане за 1990-2010 гг.

| Показатели пользования                                                   | Годы           |               |                |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------|----------------|
|                                                                          | 1990(1991*)    | 2000 (2001*)  | 2010* (2011)   |
| Площадь пашни в севообороте, млн. га                                     | 35, 61         | 21,49         | 24, 17         |
| Валовой сбор урожая зерновых и зернобобовых , млн. тонн                  | 28,47 (12,04*) | 11,60 (8,44*) | 12,17* (26,75) |
| Внесено в почву минеральных удобрений, млн. тонн                         | 0,67           | 0,011         | 0,038          |
| В том числе азотных, млн. тонн                                           | 0,37           | 0,009         | 0,022          |
| Внесено в почву органических удобрений , млн. тонн                       | 22, 40         | 0,18          | 0,83           |
| Поступило в почву с остатками урожая биомассы, млн. тонн сухого вещества | 0,25 (0,130*)  | 0,12(0,090*)  | 0,11* (0,20)   |
| * - год с засухой                                                        |                |               |                |

Эти факторы, наряду с нарушениями агротехнологий обработки земли, возделыванием в севообороте монокультуры - зерновых, привели к ускоренным темпам деградации почвы, выраженной в значительном ухудшении ее физических, физико-химических и биологических свойств, снижении в целом почвенного плодородия, экологической устойчивости и продуктивности [11]. Полевые наблюдения, выполняемые на

опытных участках в Северном Казахстане в последние два десятилетия, подтверждали уменьшение содержания гумуса в пахотном горизонте черноземов на 11-20 %, каштановых почв - на 8-11, темно- и светло-каштановых почв в предгорьях юго-востока - на 7-9 % (таблица 2). На орошаемых землях юго-востока четко выраженных тенденций в изменении содержания почвенного гумуса в эти годы не отмечалось.

Таблица 2 – Содержание гумуса/валового азота (%) в горизонте почвы 0-0,30 м по результатам полевых наблюдений на опытных участках за 1980-2010 гг.

| Почвы                                                                                             | 1980<br>г.     | 1985<br>г.     | 1990<br>г.     | 1995<br>г.      | 2000<br>г.      | 2005<br>г.      | 2010 г.         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Чернозем обыкновенный<br>(Костанайская область)*                                                  | -              | -              | 4,91/<br>0,24  | 4,62/<br>0,22   | 4,00/<br>0,19   | 4,63/<br>0,22   | 3,90/<br>0,18   |
| Чернозем южный<br>(Костанайская область)*                                                         | -              | -              | 3,81/<br>0,20  | (3,52)<br>/0,18 | (3,52)<br>/0,18 | 3,47/<br>0,17   | 3,40<br>/0,17   |
| Темно-каштановая<br>(Костанайская область) *                                                      | -              | -              | 2,95/<br>0,175 | -               | 2,00/<br>0,17   | -               | (2,70)<br>/0,16 |
| Каштановая<br>(Карагандинская<br>область) *                                                       | -              | -              | 2,55/<br>0,16  | 2,49/<br>0,15   | 2,43/<br>0,15   | (2,36)<br>/0,14 | (2,27)<br>/0,14 |
| Светло-каштановая<br>(Карагандинская<br>область) *                                                | -              | -              | 1,87/<br>0,11  | 1,80/<br>0,11   | 1,75/<br>0,10   | 1,70<br>/0,10   | 1,69<br>/0,10   |
| Серозем обыкновенный<br>орошаемый<br>(Алматинская область)**                                      | 0,81/<br>0,053 | 1,15/<br>0,075 | 1,09/<br>0,075 | 1,08<br>/0,076  | -               | -               | -               |
| Светло-каштановая<br>(Алматинская область)**                                                      | 1,60/<br>0,13  | 1,43<br>/0,12  | 1,24<br>/0,11  | 1,35<br>/0,12   | 1,41<br>/0,12   | -               | -               |
| Светло-каштановая оро-<br>шаемая<br>(Алматинская область)**                                       | 1,82<br>/0,15  | 1,80<br>/0,15  | 1,75<br>/0,15  | 1,92<br>/0,16   | 2,02<br>/0,17   | 1,86<br>/0,16   | 1,82<br>/0,15   |
| Светло-каштановая на<br>богаре<br>(Алматинская область)**                                         | -              | -              | 1,92<br>/0,15  | 1,80<br>/0,14   | 1,80<br>/0,14   | 1,56<br>/0,13   | 1,80<br>/0,14   |
| Темно-каштановая оро-<br>шаемая<br>(Алматинская область) ***                                      | -              | -              | 2,56<br>/0,15  | 2,50<br>/0,14   | 2,40<br>/0,14   | 2,25<br>/0,13   | 2,17<br>0,13    |
| Темно-каштановая на<br>богаре<br>(Алматинская область)**                                          | -              | -              | 3,16<br>/0,22  | 3,11<br>/0,22   | 3,02<br>/0,22   | 2,98<br>/0,21   | 2,94<br>/0,20   |
| * - материалы полевых наблюдений КазНИИПиА им. У.У.Успанова;<br>** - КазНИИЗиР;<br>*** - КазНИИКО |                |                |                |                 |                 |                 |                 |

Изменения запаса органического углерода в почве возделываемых земель (пашни), в соответствии с рекомендациями Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC), можно оценивать с использованием метода "поступлений-потерь" или альтернативного метода "повторных измерений" [12]. При этом допускается, что основные изменения запаса углерода происходят в поверхностном горизонте почвы 0-0,30 м и связаны с изменением режима управления деятельностью по возделыванию земли, которая включает вид землепользования, технологию обработки, дополнительное поступление органического вещества в почву. Степень влияния управления деятельностью выражается через коэффициенты изменения запаса.

Годовое изменение запаса углерода в почве старопахотных земель  $\Delta MC_{GS}$ , в соответствии с [12], можно вывести из разности запасов, получаемых последовательно в различные годы:

$$\Delta MC_{GS} = [MC_{GS(t1)} - MC_{GS(t2)}] / T, \quad (1)$$

где:

$MC_{GS(t1)}$  и  $MC_{GS(t2)}$  - запас углерода в горизонте почвы 0-0,30 м в годы  $t_1$  и  $t_2$ , т/га;

T- разница во времени между  $t_1$  и  $t_2$ , годы.

В свою очередь  $MC_{GS(t)}$  можно рассчитать по формуле (2):

$$MC_{GS(t)} = MC_{EGS} \times F_{LU} \times F_{M1} \times F_F, \quad (2)$$

где:

$MC_{EGS}$  - стандартная величина ("эталон") запаса углерода в горизонте почвы 0-0,30 м с ненарушенной структурой, т/га,

$F_{LU}$  - коэффициент влияния землепользования, безразмерная величина,

$F_{M1}$  - коэффициент влияния технологии обработки, безразмерная величина,

$F_F$  - коэффициент дополнительного поступления, безразмерная величина.

За "эталон" запаса почвенного углерода  $MC_{EGS}$  для пахотных угодий в Казахстане можно принять запас равный 75,1 т/га в поверхностном горизонте почвы 0-0,30 м, который ранее был оценен авторами на национальном уровне как средневзвешенная величина [13]. Численные значения коэффициентов изменения запаса почвенного углерода, осредненные на глобальном уровне для природных условий с умеренным и сухим климатом [12], представлены в таблице 3.

При наличии данных о содержании гумуса в почве запаса углерода, в соответствии с [12], можно вычислить по формуле (3):

$$MC_{GS(t)} = 0.01 G \times V \times K_1 \times K_2 \times (1 - K_3), \quad (3)$$

где:

$MC_{GS(t)}$  - масса углерода в поверхностном горизонте почвы 0-0,3 м на площади земли один гектар на год t, т/га;

G - содержание гумуса в горизонте почвы 0-0,30 м, %;

V - объемная масса почвы в горизонте 0-0,30 м, т/м<sup>3</sup>;

$K_1$  - объем почвенной массы на площади один гектар равный 3000 м<sup>3</sup>/га;

$K_2$ -содержание углерода в органическом веществе почвы, безразмерная величина;

$K_3$ -наличие крупных фракций >2 мм в почве, безразмерная величина.

Таблица 3–Изменение запаса углерода в почве для различных видов управления деятельностью по обработке земли в условиях умеренного и сухого климата (приводятся по данным IPCC [12])

| Управ-<br>ление                                  | Деятельность                                        | Изменение<br>запаса угле-<br>рода, относ.<br>единицы | Обработка почвы                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Земле-<br>пользо-<br>вание<br>(F <sub>LU</sub> ) | Продолжи-<br>тельная обра-<br>ботка более 20<br>лет | 0,82                                                 | Постоянно возделываются однолетние культуры (монокультура)                                                                                                    |
|                                                  | Орошение                                            | 1,1                                                  | Непрерывно обрабатывается более 20 лет с возможным посевом риса и включением в севооборот неорошаемых культур                                                 |
|                                                  | Вывод в пар<br>(залежь) на<br>срок до 20 лет        | 0,93                                                 | Непрерывно обрабатывалась ранее с последующим выводом в залежь (пар) и залужением многолетними травами или восстановлением естественной растительности        |
| Пахота<br>(F <sub>M</sub> )                      | Полная                                              | 1,0                                                  | Обрабатывается с полным оборотом пласта и значительным возмущением почвы. В период сева до 30 % площади покрыто растительными остатками                       |
|                                                  | Сниженная                                           | 1,03                                                 | Обрабатывается без полного оборота пласта с уменьшенным возмущением почвы покрытой растительными остатками на площади более 30 %                              |
|                                                  | Отсутствие<br>вспашки                               | 1,10                                                 | Прямой посев без предварительной вспашки с минимальным возмущением почвы. Для борьбы с сорняками используются гербициды                                       |
| Поступ-<br>ление<br>(F <sub>F</sub> )            | Низкое                                              | 0,92                                                 | Мелкая запашка остатков растений, в севооборот включается чистый пар, поступление в почву растительных остатков незначительное                                |
|                                                  | Среднее                                             | 1,0                                                  | Возделываются однолетние культуры, преимущественно злаковые, со значительным поступлением в почву растительных остатков. В почву дополнительно вносится навоз |
|                                                  | Высокое без<br>органических<br>удобрений            | 1,07                                                 | В почву запахиваются покровные культуры в качестве зеленого удобрения. В севооборот включается пар с покровной культурой или многолетние травы                |
|                                                  | Высокое с ор-<br>ганическими<br>удобрениями         | 1,34                                                 | В почву поступает значительное количество растительных остатков и регулярно вносится навоз                                                                    |

*Дополнительное поступление органического азота в почву и эмиссия в атмосферу.*

Основными источниками поступления азота в почву являются: органическое вещество естественной растительности на целинных землях, пожнивные и корневые остатки растений сельскохозяйственных культур и органические и синтетические азотные удобрения на пашне в севообороте, органическое вещество естественной растительности и навоз от выпасаемого скота на природных пастбищах. Азот выделяется в почве в газообразном состоянии микробными клетками [3, 14].

Закись азота ( $N_2O$ ) образуется в почве постоянно естественным путем как промежуточный продукт в последовательности реакций денитрификации (восстановление нитритов и нитратов до молекулярного азота или оксидов азота в результате микробной активности) и как побочный продукт нитрификации (биологическое окисление аммония до нитритов или нитратов) при наличии неорганического азота в почве. С дополнительным поступлением в почву органического азота, а также с изменением содержания в почве доступного углерода, которые регулируются приемами обработки почвы и способом землепользования, темпы нитрификации и денитрификации азота усиливаются, тем самым повышается интенсивность образования закиси азота и увеличиваются его потоки в атмосферу [14].

Для расчета кумулятивной массы прямой эмиссии закиси азота в атмосферу из почвы пахотных земель, в соответствии с [12], использовалось уравнение (4):

$$M(N_2O)t = [M(Npr) + M(Nsf) + M(Nof) + M(Nm)] \times F_1 \times 1.57, \quad (4)$$

где:

$M(N_2O)t$  – масса закиси азота поступившего в атмосферу из почвы пахотных земель на заданный год  $t$ , млн.тонн/год;

$M(Nsf)$  – масса азота, поступившего в почву с синтетическими азотными удобрениями, млн. тонн/год;

$M(Nof)$  – масса азота, поступившего в почву с органическими удобрениями, млн. тонн/год;

$M(Npr)$  – масса азота, поступившего в почву с остатками урожая сельскохозяйственных культур, млн. тонн/год;

$M(Nm)$  – масса азота, высвобождаемого в процессе минерализации гумуса в почве, млн.тонн/год;

$F_1$  – коэффициент эмиссии закиси азота из почвы, изменяется в пределах от 0,003 до 0,03, безразмерная величина.

В свою очередь, масса азота  $M(Npr)$ , дополнительно поступающего в почву с остатками урожая сельскохозяйственных культур, рассчитывалась с использованием коэффициентов из таблицы 4, которые обобщены авторами по результатам полевых и лабораторных исследований выполненных в Казахстане и в сходных условиях на территории сопредельных государств. Масса азота, поступающего в почву с синтетическими удобрениями, получена в соответствии с методикой [15]. Масса азота, высвобождаемого в почве в процессе минерализации углерода, оценивалась по изменениям запаса органического углерода в почве с использованием соотношения N:C в почве [16].

Косвенные выбросы из почвы соединений азота, которые связаны с испарением (улетучиванием) и обратным осаждением на поверхности почвы, оценивались на базе коэффициента эмиссии, изменяющегося в пределах 0,002-0,05 в соответствии с [12].

Для расчетов косвенной эмиссии соединений азота в результате вымыва-

ния и стока азота из почвы пахотных земель использовались коэффициент эмиссии закиси азота (изменяется в пределах 0,0005-0,025) и доля возмож-

ной потери азота с вымыванием/стоком, которая оценивалась для условий Казахстана в соответствии с [17].

Таблица 4 – Коэффициенты для расчета количества азота поступающего в почву с биологическими остатками сельскохозяйственных культур после уборки урожая [18-22]

| Культура                                                                     | Пожнивные остатки урожая                    | Доля пожнивных остатков от урожая, % | Содержание азота в пожнивных остатках, % |
|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------|
| Озимая пшеница                                                               | Высокая стерня, корни                       | 126                                  | 0,59*                                    |
| Озимая рожь                                                                  | Высокая стерня, корни                       | 160                                  | 0,45*                                    |
| Яровая пшеница                                                               | Высокая стерня, корни                       | 130                                  | 0,59*                                    |
| Яровой ячмень                                                                | Высокая стерня, корни                       | 100                                  | 0,90*                                    |
| Овес                                                                         | Высокая стерня, корни                       | 120                                  | 0,80*                                    |
| Просо                                                                        | Высокая стерня, корни                       | 160                                  | 0,57*                                    |
| Гречиха                                                                      | Стебли, корни, плоды                        | 100                                  | 0,80*                                    |
| Кукуруза на зерно                                                            | Стебли, листья, корни                       | 180                                  | 1,20*                                    |
| Кукуруза на силос                                                            | Стерня, корни                               | 20                                   | 0,55*                                    |
| Рис                                                                          | Высокая стерня, корни                       | 140                                  | 0,38*                                    |
| Горох, нут                                                                   | Стебли, корни, бобы                         | 54                                   | 1,40*                                    |
| Соя                                                                          | Стебли, корни                               | 150                                  | 0,90*                                    |
| Подсолнечник                                                                 | Стебли, корзинки, корни                     | 520                                  | 0,45*                                    |
| Хлопок                                                                       | Стебли, листья, бутоны, цветы, корни        | 100                                  | 0,25*                                    |
| Табак                                                                        | Стебли, бутоны, цветы, корни                | 100                                  | 0,64*                                    |
| Сахарная свекла                                                              | Ботва, корни                                | 30                                   | 0,33*                                    |
| Картофель                                                                    | Ботва, корни                                | 10                                   | 0,90*                                    |
| Кормовые корнеплоды                                                          | Ботва, корни                                | 100                                  | 1,60**                                   |
| Овощи                                                                        | Стебли, листья, бутоны, цветы, плоды, корни | 100                                  | 1,50**                                   |
| Бахчевые                                                                     | Ботва, плоды, корни,                        | 100                                  | 1,50**                                   |
| Многолетние сеяные бобовые травы                                             | Стерня, корни, отава перед запахиванием     | 40                                   | 1,49*                                    |
| Многолетние сеяные злаковые травы                                            | Стерня, корни, отава перед запахиванием     | 30                                   | 1,06*                                    |
| Однолетние сеяные травы                                                      | Высокая стерня, корни                       | 25                                   | 1,06*                                    |
| * - на вещество в воздушно-сухом состоянии; ** - на абсолютно сухое вещество |                                             |                                      |                                          |

*Эмиссия метана при возделывании риса в условиях орошения.*

Посевы риса занимают в Казахстане незначительную площадь, всего 0,093 млн. га (2010 г.) и в основном сосредоточены в долине реки Сырдарья. При затоплении рисовых полей и отсутствии кислорода в почве происходит анаэробный распад органического вещества и образуются парниковые газы, в первую очередь метан ( $\text{CH}_4$ ) и закись азота, которые через водную толщу выделяются в атмосферу. В местных условиях рис возделывается при неглубоком (до 0,30 м) и укороченном периоде затопления, общей продолжительностью 80-90 суток, с внесением в почву минеральных азотных удобрений [23-26]. Эмиссия закиси азота в атмосферу от азотных удобрений учитывается в общей сумме эмиссии от минеральных удобрений для всей площади пахотных земель. Потоки метана оцениваются в зависимости от площади посева культуры (площади водного зеркала), с использованием суммарного за вегетационный период коэффициента эмиссии заимствованного из [12].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты расчетов динамики углерода для пахотных угодий в Казахстане, выполненные авторами на национальном уровне за 1945-2010 гг. с использованием метода "поступлений-потерь" и альтернативного метода" повторных измерений [12], который собственно дублировал расчеты потоков углерода за 1989-2010 гг., представлены в таблице 5.

Во втором случае в качестве исходной информации использовались эмпирические данные содержания гумуса в почве пахотных земель (таблица 6), полученные в Региональном научно-методическом центре "Агрохимслужба" МСХ РК в соответствии с методикой [27]. Запас почвенного углерода для пахотных земель, которые выводились в 1995-2005 гг. в категорию земель "залежь"

и "пастбища", получен путем линейной интерполяции крайних значений запаса за 1989 г. и 2010 г., с использованием "эталона" запаса почвенного углерода из источника [13] и коэффициентов изменения из таблицы 3. Для обеспечения сравнимости запаса углерода на пространственно - временном уровне расчеты выполнялись на фиксированную земельную площадь приравненную к площади пашни за 1990 год, которая составляла 35,61 млн. га. Результаты расчетов динамики углерода за последние 60 лет, выполненные на базе метода "поступлений-потерь", показали, что тренд общего запаса почвенного углерода на фиксированной земельной площади 35,61 млн. га дважды менял знак и в целом его величина изменялась от 2 452,1 млн. тонн (1945-1953 гг.) до 2 141,4 млн. тонн (1990-2010 гг.), т. е. на 14,5 %. В том числе, за последние 20 лет общий запас уменьшался на величину 12,8 %. При этом, в зависимости от режима управления, запас углерода верхнего (0-30 см) горизонта почвы для пашни в севообороте колебался от 56,6 тонн/га до 67,9 тонн /га. Годовые потоки углекислого газа на земельной площади 35,61 млн. га изменялись от плюс 64,97 млн. тонн/год за 1954-1965 гг. (эмиссия в атмосферу) до минус 69,34 млн. тонн/год за 1966-1979 гг. и до минус 58,02 млн. тонн/год за 1980-1989 гг. (чистое поглощение из атмосферы), с последующей сменой знака - на плюс 48,11 млн. тонн/год за 1990-2010 гг. (эмиссия в атмосферу). Расчеты динамики почвенного углерода за 1989-2010 годы, выполненные на базе альтернативного метода "повторных измерений" с использованием эмпирических данных агрохимических обследований полей, в целом подтвердили уменьшение его запаса за этот период от 2 075,89 млн. тонн до 1892,88 млн. тонн или на 9,7 %. При этом средняя величина эмиссии углекислого газа в атмосферу составила 32 млн. тонн/год, что меньше на 50 % по сравнению с величиной эмиссии рассчитанной на базе метода поступлений-потерь" (таблица 5).

Таблица 5 – Динамика запаса почвенного углерода, поглощения (-) / эмиссии (+) углекислого газа для пахотных угодий в Казахстане за 1945-2010 гг., рассчитанные на базе альтернативных методов [12]

| Годы                   | Режим пользования           | Площадь, тыс га | Метод "поступлений - потерь"  |       |         |          |            | Метод "повторных измерений"   |          |           |                             |
|------------------------|-----------------------------|-----------------|-------------------------------|-------|---------|----------|------------|-------------------------------|----------|-----------|-----------------------------|
|                        |                             |                 | Коэффициенты изменения запаса |       |         | МС, т/га | МС, тыс.т  | $\Delta M_{CO_2}$ , тыс.т/год | МС, т/га | МС, тыс.т | $\Delta M_{CO_2}$ тыс.т/год |
|                        |                             |                 | $F_{LU}$                      | $F_M$ | $F_F$   |          |            |                               |          |           |                             |
| 1945-1953              | Пашня*                      | 12000           | 0,82                          | 1,00  | 0,921,0 | 56,6     | 679200     | -                             | -        | -         | -                           |
|                        | Целина                      | 23607           | 1,00                          | 1,00  | 0       | 75,1     | 1772886245 | -                             | -        | -         | -                           |
|                        | <b>Всего</b>                | 35607           | -                             | -     | -       | -        | 2086       | -                             | -        | -         | -                           |
| 1954-1965              | Пашня*                      | 12000           | 0,82                          | 1,00  | 0,92    | 56,6     | 679200     | -                             | -        | -         | -                           |
|                        | Поднят. целина*             | 23607           | 0,88                          | 1,00  | 1,00    | 66,1     | 1560423    | -                             | -        | -         | -                           |
|                        | <b>Всего</b>                | 35607           | -                             | -     | -       |          | 2239623    | +64972                        | -        | -         | -                           |
| 1966-1979              | Пашня*                      | 35607           | 0,82                          | 1,03  | 1,00    | 63,4     | 2258533    | - 69340                       | -        | -         | -                           |
|                        | <b>Всего</b>                | 35607           | -                             | -     | -       | -        | 2258533    |                               |          |           |                             |
| 1980-1989              | Пашня*                      | 3560735607      | 0,82                          | 1,03  | 1,07    | 67,9     | 2416630    | -58023                        | 58,3     | 2075888   | -                           |
|                        | <b>Всего</b>                |                 | -                             | -     | -       | -        | 2416630    |                               | -        | 2075888   | -                           |
| 1990-2010              | Пашня*                      | 24167           | 0,82                          | 1,03  | 0,90    | 56,6     | 1370269    | -                             | 48,1     | 1162433   | -                           |
|                        | Пашня выведенная в залежь.  | 4790            | -                             | -     | -       | 67,4     | 322846     | -                             | 63,8     | 305842    | -                           |
|                        | Пашня выведенная в пастбище | 6650            | -                             | -     | -       | 67,4     | 448210     | -                             | 63,8     | 424602    | -                           |
|                        | <b>Всего</b>                | 35607           | -                             | -     | -       | -        | 2141355    | +48108                        | -        | 1892880   | +31983                      |
| *- Пашня в севообороте |                             |                 |                               |       |         |          |            |                               |          |           |                             |

Таблица 6– Содержание гумуса (%) в горизонте почвы 0-0,20 м по результатам агрохимического обследования пахотных угодий в Казахстане за 2001-2010 гг.

| Область                    | Почвы                    |                |                  |            |                   |            |                     |                          |                                  |                                 |                   |                         |
|----------------------------|--------------------------|----------------|------------------|------------|-------------------|------------|---------------------|--------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-------------------|-------------------------|
|                            | чернозем<br>обыкновенный | чернозем южный | темно-каштановые | каштановые | светло-каштановые | серо-бурые | сероземы<br>светлые | сероземы<br>обыкновенные | предгорные светло-<br>каштановые | предгорные темно-<br>каштановые | горные коричневые | предгорные<br>черноземы |
| Акмолинская                | 5,6                      | 3,9            | 3,6              | 2,9        | 2,4               | -          | -                   | -                        | -                                | -                               | -                 | -                       |
| Актюбинская                | -                        | 4,4            | 2,9              | 2,5        | -                 | -          | -                   | -                        | -                                | -                               | -                 | -                       |
| Алматинская                | -                        | -              | -                | 2,9        | -                 | 1,6        | 1,3                 | 1,9                      | 2,4                              | 3,1                             | -                 | 4,3                     |
| Восточно-<br>Казахстанская | -                        | 2,9            | 3,6              | 3,5        | 2,0               | -          | -                   | -                        | 2,2                              | 4,0                             | 7,7               | 5,8                     |
| Жамбылская                 | -                        | -              | -                | -          | -                 | -          | 1,4                 | 1,6                      | 2,3                              | 3,1                             | 6,4               | -                       |
| Западно-<br>Казахстанская  | -                        | 2,7            | 2,9              | 2,6        | -                 | -          | -                   | -                        | -                                | -                               | -                 | -                       |
| Карагандинская             | -                        | 3,8            | 3,1              | 2,5        | 2,0               | -          | -                   | -                        | -                                | -                               | -                 | -                       |
| Костанайская               | 5,0                      | 3,6            | 2,9              | 2,3        | -                 | -          | -                   | -                        | -                                | -                               | -                 | -                       |
| Кызылординская             | -                        | -              | -                | -          | -                 | 1,6        | 1,6                 | -                        | -                                | -                               | -                 | -                       |
| Павлодарская               | -                        | 2,7            | 2,3              | 1,8        | 2,0               | -          | -                   | -                        | -                                | -                               | -                 | -                       |
| Северо-Казахстанская       | 5,0                      | 4,5            | 4,2              | -          | -                 | -          | -                   | -                        | -                                | -                               | -                 | -                       |
| Южно-Казахстанская         | -                        | -              | -                | -          | -                 | 1,4        | 1,3                 | 1,5                      | -                                | 2,6                             | -                 | -                       |

ГУ "РНМЦ «Агрохимслужба» МСХ РК

Результаты расчетов эмиссии азотных соединений для пахотных угодий Казахстана за последние два десятилетия (1990-2010 гг.), представленные в таблице 7, резко отличались как по массе так и по источникам выбросов. В наибольшей степени отличия проявлялись за счет изменения количества высвобождаемого азота в процессе минерализации углерода в почве. В том

числе, суммарные годовые выбросы азотных соединений в N<sub>2</sub>O эквиваленте увеличивались: от 0,014 млн. тонн/год на 1990-1991 гг. до 0,030 млн. тонн/год на 2000-2001 гг. с последующим уменьшением до 0,009 млн. тонн/год на 2010-2011 гг. То же выбросы в CO<sub>2</sub> эквиваленте составляли: 4,13 млн. тонн/год, 8,87 млн. тонн/год и 2,73 млн. тонн/год соответственно по годам.

Таблица 7–Рассчитанные величины годового поступления азота в почву и эмиссии азотных соединений в атмосферу для пахотных угодий в Казахстане за 1990-2011 гг.

| Годы | Поступление азота в почву, млн. т/год |                       |                        |                                      | Прямые эмиссии закиси азота из почвы, млн. т/год |                       |                        |                                      | Прямые и косвенные эмиссии, млн. т/год в N <sub>2</sub> O эквиваленте | Прямые и косвенные эмиссии, млн. т/год в CO <sub>2</sub> эквиваленте |
|------|---------------------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
|      | пожнивные остатки урожая              | минеральные удобрения | органические удобрения | минерализация органического вещества | пожнивные остатки                                | минеральные удобрения | органические удобрения | минерализация органического вещества |                                                                       |                                                                      |
| 1990 | 0,298                                 | 0,369                 | -                      | 0,00                                 | 0,005                                            | 0,006                 | 0,002                  | 0,000                                | 0,014                                                                 | 4,13                                                                 |
| 1991 | 0,133                                 | 0,350                 | 0,101                  | 0,00                                 | 0,002                                            | 0,006                 | 0,002                  | 0,000                                | 0,011                                                                 | 3,28                                                                 |
| 2000 | 0,111                                 | 0,009                 | -                      | 1,64                                 | 0,002                                            | 0,000                 | 0,000                  | 0,026                                | 0,030                                                                 | 8,87                                                                 |
| 2001 | 0,149                                 | 0,009                 | 0,001                  | 1,40                                 | 0,002                                            | 0,000                 | 0,000                  | 0,022                                | 0,026                                                                 | 7,84                                                                 |
| 2010 | 0,182                                 | 0,022                 | -                      | 0,53                                 | 0,003                                            | 0,000                 | 0,000                  | 0,005                                | 0,009                                                                 | 2,73                                                                 |
| 2011 | 0,250                                 | 0,024                 | 0,004                  | 0,44                                 | 0,004                                            | 0,000                 | 0,000                  | 0,007                                | 0,012                                                                 | 3,62                                                                 |

Эмиссия метана в атмосферу от выращивания риса в Казахстане за 1990-2010 гг. изменялась в 1,5 раза и на

2010 год составляла 0,006 млн. тонн/год, что эквивалентно 0,14 млн. тонн/год CO<sub>2</sub> (таблица 8).

Таблица 8–Динамика посевной площади риса и эмиссии метана в Казахстане за 1990-2010 гг.

| Годы                                             | 1990  | 1995  | 2000  | 2005  | 2010  |
|--------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Площадь посева, млн. га                          | 0,124 | 0,88  | 0,076 | 0,087 | 0,094 |
| Эмиссия метана, млн т/год                        | 0,007 | 0,006 | 0,005 | 0,005 | 0,006 |
| Эмиссия метана в CO <sub>2</sub> экв., млн т/год | 0,185 | 0,145 | 0,118 | 0,127 | 0,140 |

Суммарная величина эмиссии/поглощения основных видов парниковых газов для пахотных угодий представлялась прямыми выбросами (+)/поглощениями (-) углекислого газа, прямыми и косвенными выбросами азотных соединений из почвы, прямыми выбросами метана от водной поверхности рисовых полей и рассчитывалась на фиксированную площадь земли 35,61 млн. га с использованием метода "поступлений-потерь" (таблица 9, рисунки 1 и 2). Суммарные потоки парниковых газов получены для различных сценариев управления землей с альтернативными величинами участия площади пашни в севообороте и площади других категорий использования земли:

*Сценарий 1 (оценка за 1980-1989 гг.)*

Преобладает интенсивное землепользование с применением почвосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур и внесением в почву увеличенного количества минеральных и органических удобрений, в совокупности обеспечивающих бездефицитный баланс почвенного гумуса на площади пашни достигающей максимальной величины - 35,61 млн. га. В этих условиях запас почвенного углерода для пахотных угодий достигает 2418,6 млн. тонн и в общем балансе парниковых газов превалирует поглощение углекислого газа из атмосферы,

в среднем составляющее 54,14 млн. тонн/год.

*Сценарий 2 (оценка за 1990-2010 гг.)*

Преобладает экстенсивное землепользование на минимальной площади пашни в севообороте, которая составляет 24,17 млн. га (2010 г.) при уменьшенном в десятки раз, по сравнению с 1990 годом, количестве вносимых в почву минеральных и органических удобрений, усиленной минерализации почвенного углерода с высвобождением азота в почве. Часть площади пашни, выведенной в середине периода из севооборота в состав земель "залежь" и "пастбища" постепенно зарастает естественной растительностью. В этих условиях для пахотных угодий запас почвенного углерода сокращается до минимальной величины - 2141,4 млн. тонн, а в общем балансе парниковых газов превалируют выбросы в атмосферу, достигающие 54,14 млн. тонн/год в CO<sub>2</sub> эквиваленте.

*Сценарий 3 (прогноз на 2011-2030 гг.)*

Отмечается постепенный переход от экстенсивного землепользованию к интенсивному с восстановлением пашни в севообороте до 25,00 млн. га за счет "залежи". К 2020 году в производстве преобладает минимальная обработка почвы и частично безпахотная, количество внесенных в почву минеральных удобрений достигает 70-75 % от количества 1990 года. Земли остаю-

Таблица 9 – Оценка эмиссии/поглощения парниковых газов для пахотных угодий в Казахстане за 1989-2010 гг. и прогнозные тенденции на 2020 и 2030 годы

| Годы                                                                                                                    | Углерод                                |                                      |                                        |                                                       |                                                                             | Азот                                                |                                                                          | Метан                                                                   | Все газы                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                         | запас , тонн /га<br>/площадь, тысяч га |                                      |                                        | запас,<br>тыс.тон<br>на всей<br>площади /<br>тысяч га | поглощение<br>/эмиссия CO <sub>2</sub><br>на всей<br>площади,<br>тыс. т/год | эмиссия<br>тыс. т/год в CO <sub>2</sub> экв.        |                                                                          | эмиссия<br>для рисовых<br>полей,<br>тыс.т/год в<br>CO <sub>2</sub> экв. | поглощение<br>/эмиссия для всех<br>источников и<br>категорий поль-<br>зования<br>тыс. т/год в CO <sub>2</sub><br>экв. |
|                                                                                                                         | пашня<br>в сево<br>обороте             | пашня<br>выведен-<br>ная в<br>залежь | пашня<br>выведе-<br>нная в<br>пастбище |                                                       |                                                                             | допнитель-<br>ное поступ-<br>ление азота<br>в почву | высвобожде-<br>ние азота от<br>минера-<br>лизации<br>гумуса в поч-<br>ве |                                                                         |                                                                                                                       |
| Сценарий 1: Интенсивное землепользование, площадь пашни в севообороте достигала максимума - 35 607 тыс. га (оценка)     |                                        |                                      |                                        |                                                       |                                                                             |                                                     |                                                                          |                                                                         |                                                                                                                       |
| 1980-1989                                                                                                               | 67,9<br>/35607                         | -                                    | -                                      | 2418630/<br>35607                                     | -58 023                                                                     | +3702                                               | 0,00                                                                     | +185                                                                    | -54 136                                                                                                               |
| Сценарий 2: Экстенсивное землепользование, площадь пашни в севообороте сокращалась до минимума - 21423 тыс. га (оценка) |                                        |                                      |                                        |                                                       |                                                                             |                                                     |                                                                          |                                                                         |                                                                                                                       |
| 1990-2010                                                                                                               | 55,65<br>/24167                        | 67,4<br>/4790                        | 67,4<br>/6650                          | 2141375<br>/35 607                                    | +48 104                                                                     | +1018                                               | +4747                                                                    | +140                                                                    | +54 009                                                                                                               |
| Сценарий 3: Интенсивное землепользование, площадь пашни в севообороте восстановлена до 25 000 тыс. га (прогноз)         |                                        |                                      |                                        |                                                       |                                                                             |                                                     |                                                                          |                                                                         |                                                                                                                       |
| 2011-2020                                                                                                               | 65,3<br>/25000                         | 66,3<br>/ 3957                       | 66,3<br>/ 6650                         | 2329313<br>/35 607                                    | -68 973                                                                     | +2616                                               | 0,00                                                                     | +140                                                                    | - 66217                                                                                                               |
| 2021-2030                                                                                                               | 72,5<br>/25000                         | 76,8<br>/3957                        | 63,2<br>/6650                          | 2556893<br>/35607                                     | -81320                                                                      | +4470                                               | 0,00                                                                     | +140                                                                    | -76710                                                                                                                |

| Сценарий 4: Интенсивное землепользование, площадь пашни в севообороте восстановлена до 30 000 тыс. га (прогноз) |                 |               |               |                   |        |       |      |      |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------|---------------|-------------------|--------|-------|------|------|---------|
| 2011-2020                                                                                                       | 65,3<br>/30000  | 0,00<br>/00   | 66,3<br>/4650 | 2267295<br>/35607 | -46213 | +2616 | 0,00 | +140 | -43457  |
| 2021-2030                                                                                                       | 72,5<br>/30000  | 0,00<br>/00   | 66,3<br>/4650 | 2483295/3<br>5607 | -79272 | +4470 | 0,00 | +140 | -74662  |
| Сценарий: Экстенсивное землепользование с сохранением площади пашни на уровне 2010 года 5 (прогноз)             |                 |               |               |                   |        |       |      |      |         |
| 2011-2020                                                                                                       | 55,65<br>/24167 | 69,8<br>/4790 | 69,8<br>/6650 | 2168781<br>/35607 | -10058 | +1018 | 0,00 | +140 | -8 900  |
| 2021-2030                                                                                                       | 54,55<br>/24167 | 69,8<br>/4790 | 66,3<br>/6650 | 2145506<br>/35607 | +26846 | +1018 | 0,00 | +140 | +28 004 |

щиеся в категории "залежь" и "пастбища", продолжают зарастать естественной растительностью и используются для выпаса скота с умеренной нагрузкой. Чистое поглощение углекислого газа, за вычетом массы выбросов 2,62 млн. тонн/год, может достигать 66,22 млн. тонн/год.

К 2030 году в производстве преобладает безпахотная обработка почвы, с внесением увеличенного (в два раза по сравнению с 1990 годом) количества минеральных удобрений. Земли выведенные в "залежь" залужены многолетними травами. На бывшей пашне, выведенной в категорию "пастбища", завершается процесс восстановления естественной растительности, которая используется под выпас скота с умеренной нагрузкой. В этих условиях запас почвенного углерода на пахотных угодьях увеличивается до максимальной величины - 2556,9 млн. тонн, а чистое поглощение углекислого газа, за вычетом выбросов газов 4,47 млн. тонн/год, может достигнуть рекордной величины - 76,71 млн. тонн/год.

#### Сценарий 4 (прогноз на 2011-2030 гг.)

Постепенный переход от экстенсивного землепользования к интенсивному с восстановлением пашни в севообороте до 30,00 млн. га за счет земель выведенных из севооборота в категорию "залежь" и "пастбища". К 2020 году годовые темпы чистого поглощения углекислого газа несколько снижаются, по сравнению с вариантом площади пашни 25,00 млн. га, и могут составить 43,46 млн. тонн/год. К 2030 году, за счет высокого уровня управления землей на протяжении длительного периода (20 лет и более) и регулярного поступления в почву значительного количества растительных остатков от повышенных (в 1,2-1,5 раза) сборов урожая, годовые темпы поглощения углекислого газа могут возрасти - до 74,66 млн. тонн/год.

#### Сценарий 5 (прогноз на 2011-2030 гг.)

Экстенсивное землепользование сохраняется с сохранением площади пашни в севообороте равной 24,17 млн. га, а также

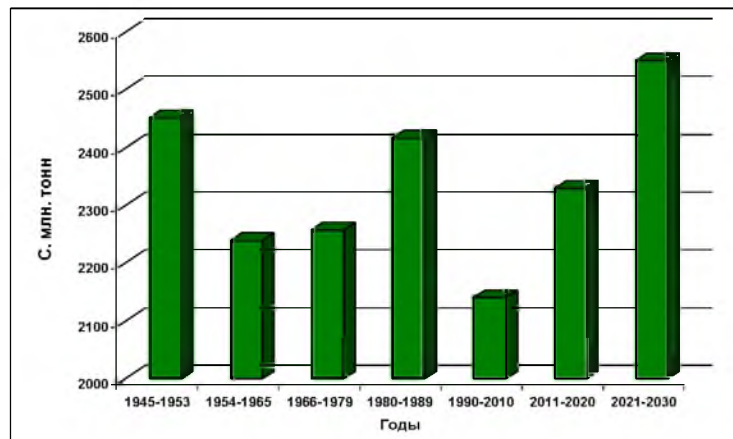


Рисунок 1 – Динамика запаса почвенного углерода для пахотных угодий в Казахстане за 1945-2010 гг. (оценка) и на 2011-2030 гг. (оптимальный сценарий на перспективу)

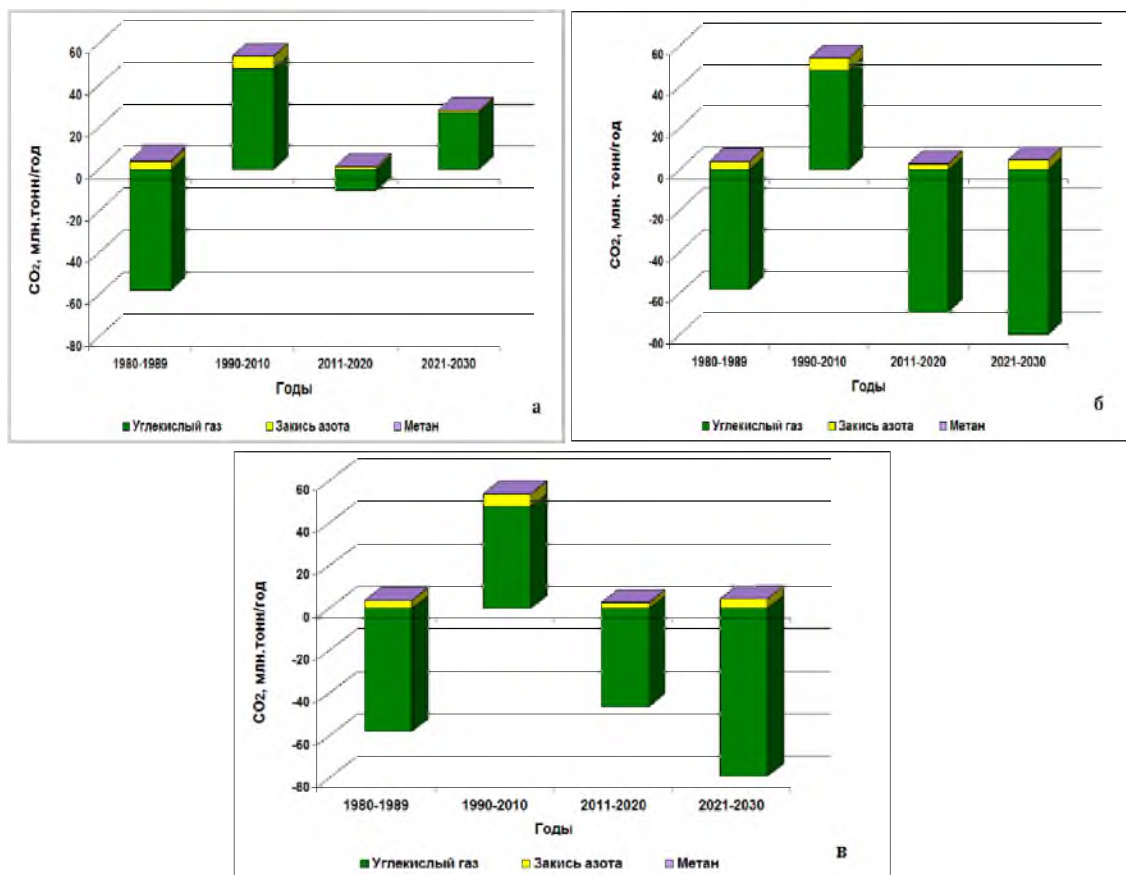


Рисунок 2 – Суммарная величина поглощения/эмиссии парниковых газов для пахотных угодий в Казахстане с оценкой за 1980-1989 гг. и 1990-2010гг. и прогнозом на 2011-2020 гг., 2021-2030 гг., а –землепользование интенсивное на площади пашни равной 35,6 млн. га (1980-1989гг.) и экстенсивное на площади пашни сокращенной до 24,2 млн. га (1990.-2030гг.); б –интенсивное землепользование на площади пашни восстановленной до 25 млн. га (2011-2030гг.); в – интенсивное землепользование на площади пашни восстановленной до 30 млн. га (2011-2030гг.)

объемов вносимых минеральных и органических удобрений и применяемых агротехнологий на уровне 2010 года. За счет восстановления плодородия почвы на бывших пахотных землях, выведенных из севооборота в залежь и пастбища, к 2020 году чистое поглощение углекислого газа может составлять порядка 8,90 млн. тонн/год. К 2030 году, с возможным увеличением нагрузки скота на пастбищах (бывших пахотных землях), эмиссия газов может восстановиться до 28,00 млн. тонн/год в CO<sub>2</sub> эквиваленте.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований динамики парниковых газов для пахотных угодий в Казахстане за 65-летний период пользования (1945-2010 гг.), выполняемые на базе альтернативных методов Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC), 2006 год, показали, что общие запасы почвенного углерода изменялись на 14,5 %, а направленность потоков углекислого газа неоднократно меняла знак.

Расчетами подтверждена возможность восстановления на практике запаса углерода в почве и бездефицитного его баланса (1980-1989 гг.) на значительной площади пахотных угодий - 35,61 млн. га за счет массового внедрения в производство почво- и влагосберегающих технологий обработки почвы, увеличенного количества вносимых минеральных и органических удобрений и других мероприятий.

Результаты расчетов динамики углерода за 1990-2010 годы, характеризующихся резким переходом от интенсивной формы землепользования к экстенсивной (уменьшение в десятки раз количества внесенных в почву минеральных и органических удобрений, грубые нарушения технологий обработки почвы), показали уменьшение запаса углерода в почве в среднем на 20,5 % для пашни, остающейся стабильно в

севообороте и на 12,0 % для пашни в севообороте с отдельными участками земли временно выводимых в категорию "залежь" и "пастбища".

Прогнозными расчетами динамики парниковых газов для пахотных угодий на перспективу (2011-2030 гг.) подтверждается возможное восстановление к 2030 году бездефицитного баланса углерода и азота в почве при условии стабильного экономического развития сельского хозяйства и экологической устойчивости за счет перспективных мероприятий, которые намечены в Программе развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2013-2020 гг. (Агробизнес-2020) и включают:

- переход от системы почвозащитной обработки полей на альтернативное сберегающее земледелие с безпахотной обработкой, в отдельных случаях минимальной, широким применением системных гербицидов для борьбы с сорняками [28-30];

- увеличение количества вносимых в почву минеральных удобрений до 0,43 млн. тонн на 2020 год и на перспективу до 1,80 млн. тонн, достаточного для удовлетворения сельскохозяйственных культур в минеральном питании [31];

- биологизацию земледелия и одновременно диверсификацию сельскохозяйственных культур в севообороте [7, 21, 32];

- повышение валового сбора риса без увеличения площади водного зеркала, за счет увеличения урожайности зерна с гектара на базе водо- и почвосберегающих технологий [26];

Полученные результаты можно рекомендовать к использованию как предварительные для экологического обоснования проектов по оптимизации режима управления пахотными землями в Казахстане в условиях продолжающегося снижения почвенного плодородия, ограниченных водных ресурсов и ускоренных темпов потепления клима-

та в Центрально-Азиатском регионе. Также они могут служить в качестве контрольной информации при подготовке национального кадастра парниковых газов, представляемого страной ежегодно в Секретариат Рамочной Конвенции по изменению климата Организации объединенных наций (РКИК ООН).

Дальнейшее уточнение результатов по восстановлению динамики пар-

никовых газов для пахотных угодий возможно на базе регулярных данных агрохимического обследования земель, детализации расчетов на уровне отдельных природных ландшафтов, административных областей и районов, с привлечением данных прямых измерений эмиссии газов из почвы в полевых условиях [14] и результатов моделирования их потоков в пограничных средах "атмосфера- почва- растения".

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Вернадский В.И. Биосфера. – Москва, 1957. – 251с.
- 2 Соколовский А.Н. Сельскохозяйственное почвоведение. – М.: "Сельскохозяйственная литература", 1956. – 335 с.
- 3 Глазовская М.А. Общее почвоведение и география почв. – М.: "Высшая школа", 1981. – 399 с.
- 4 Успанов У.У. Природно-сельскохозяйственные зоны и почвенные ресурсы Казахстана// Земельные ресурсы и повышение продуктивности почв Казахстана. – Алма-Ата, 1978.
- 5 Фаизов К.Ш., Уразалиев Р.А., Иорганский А.И. Почвы Республики Казахстан. – Алматы, 2001. – 289 с.
- 6 Сулейменов М.К. Оценка основных элементов почвозащитной системы земледелия в изменившихся социально-экономических условиях// Развитие идей почвозащитного земледелия в новых социо-экономических условиях. – Астана - Шортанды, 2003. – С.8-17.
- 7 Каскарбаев Ж.А. Перспективы почвозащитного земледелия в степных регионах Казахстана// Развитие идей почвозащитного земледелия в новых социо-экономических условиях. – Астана - Шортанды, 2003. – С. 57-64.
- 8 Кирюшин В.И., Ганжара Н.Ф. Кауричев И.С., Орлов Д.С., Титлянова А.А., Фокин А.Д. Концепция оптимизации органического вещества почв в агроландшафтах. – М.: Издательство МСХА, 1993. – 97с.
- 9 Ахметов К.А. Севообороты и плодородие южных черноземов// Развитие идей почвозащитного земледелия в новых социо-экономических условиях. – Астана – Шортанды, 2003. – С. 399-403.
- 10 Южные черноземы Северного Казахстана// Под редакцией У.У. Успанова. "Наука", Алма-Ата, 1974. – 230с.
- 11 Базильжанов Е.К. Состояние пахотных угодий Казахстана// Земельные ресурсы Казахстана. – 2011. - № 2 (65). – С. 16-18.
- 12 Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов, Т.4. Сельское хозяйство, лесное хозяйство и другие виды землепользования. МГЭИК (IPCC), 2006. – Режим доступа: [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch), свободный.
- 13 Лебедь Л.В., Иорганский А.И. К зональному распределению почвенного углерода в Казахстане// Научно-технический журнал "Гидрометеорология и Экология". – Алматы, 2014. - № 1. – С. 132-143.

- 14 Бучкина Н.П., Балашов Е.В., Рыжия Е.Я., Павлик С.В. Мониторинг эмиссии закиси азота из сельскохозяйственных почв. Методические рекомендации. – СПб. – Москва, 2008. – 20 с.
- 15 Пономарева А.Т. Справочник по применению удобрений. - Алматы, 1981. – 311 с.
- 16 Фаизов К.Ш., Кененбаев С.Б., Мамутов Ж.У, Есимбеков М.Б. География и экология почв Казахстана. – Алматы, 2006. – 348 с.
- 17 Агроклиматический атлас мира //Под редакцией Гольцберг И.А. – Москва -Ленинград, 1972. – С. 15-22.
- 18 Станков Н.З. Корневая система полевых культур. М. Изд-во «Колос», 1964. – 280 с.
- 19 Химический состав и питательность кормов Казахстана/Казахский НИИ животноводства. – Алма-Ата: изд-во «Кайнар»,1968. – 252 с.
- 20 Кореньков Д.А., Гаврилов К.А. Шильников И.А. Васильев В.А. Справочник агрохимика. – М., 1980. – 285 с.
- 21 Турешев О.Т. Биологизация орошаемого земледелия на юго-востоке Казахстана. Научные рекомендации. – Алматы: изд-во "Алмалыбек", 2001. – 17 с.
- 22 Ягодин Б.А. Агрохимия. – М., 1989. – 655 с.
- 23 Алешин Е.П., Конохова В.П. Краткий справочник рисовода. М.:Агропроимиздат, 1986. – 253 с.
- 24 Система сельскохозяйственного производства Кызылординской области: Рекомендации. – Алматы: ТОО издательство «Бастау», 2002. – 302 с.
- 25 Система ведения сельского хозяйства Алматинской области: Рекомендации. - Алматы: ТОО «НурлыАлем», 2005. – 296 с.
- 26 Рамазанова С.Б. Азотное питание и продуктивность риса: автореф. докт. диссертации. – М., 2003. – 56 с.
- 27 Методическое руководство по проведению агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий. РНМЦ "Агрохимслужба", РК. – 2007. – 45 с.
- 28 Вьюрков В.В. Воспроизводство плодородия в почвозащитном земледелии Приуралья// Развитие идей почвозащитного земледелия в новых социо- экономических условиях. - Астана -Шортанды, 2003. – С. 348-358.
- 29 Рахимова Б.Т., Абдуллаев К.К. Мустафаева К.М., Мустафаев Б.А. Плодородие почвы и урожайность зерновых, крупяных культур в зависимости от интенсивности возделывания// Развитие идей почвозащитного земледелия в новых социо- экономических условиях. - Астана -Шортанды, 2003. – С. 378-389.
- 30 Рахимгалиева С.Ж., Мухомедьярова А., Утеglyшев Б., Батырханова М.Ш. Гумусовый режим темно-каштановых почв Западно-Казахстанской области// Развитие идей почвозащитного земледелия в новых социо- экономических условиях. - Астана -Шортанды, 2003. – С. 305-310.
- 31 Елешев Р.Е., Умбетов А.К. Удобрение культур почвозащитного и зернопарового севооборотов на богаре юго-востока Казахстана// Развитие идей почвозащитного земледелия в новых социо- экономических условиях. - Астана - Шортанды, 2003. – С. 324-333.
- 32 Омаров Б.Б. Кожаметов М. К. Почвозащитному комплексу - биологизация почвы// Развитие идей почвозащитного земледелия в новых социо- экономических условиях. - Астана - Шортанды, 2003. – С. 297-304.

## ТҮЙІН

Лебедь Л.В., Есеркепова И.Б., Иорганский А.И., Кошен Б.М., Рамазанова С.Б., Царева Е.Г.

### ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ЕГІНШІЛІК ЖЕРЛЕРІ ҮШІН ЖЫЛЫЖАЙЛЫҚ ГАЗДАР ҚҰБЫЛЫМЫ

Мақалада 1945-2010 жылдардағы бағалаумен Қазақстандағы егіншілік жерлері үшін жылыжайлық газдар ағыны құбылымының эксперименталды есептеулері, сондай-ақ 2020 және 2030 жылдардағы бағыттарын болашақта болжаулары берілген. Есептеулер елдегі әр түрлі ведомствалар мен ұйымдардан алынған эмперикалық қолжетімді деректерді тарта отырып, климаттың өзгеруі бойынша (IPCC) сарапшылардың Үкіметаралық тобымен ұсынылған әдістер негізінде жүргізілді.

*Түйінді сөздер:* егістік, жылыжайлық газдар сіңіру, эмиссия, жерді басқару.

## SUMMARY

Lebed L.V., Yesserkepova I.B., Yorgansky A.I., Koshen B.M., Ramazanova S.B. and Tsareva Ye.G.

### THE DYNAMICS OF GREENHOUSE GASES FROM THE ARABLE LANDS IN KAZAKHSTAN

The experimental calculations of the greenhouse gas fluxes dynamics for cropland in Kazakhstan with an estimate for 1945-2010 accompanied by trends and future outlook till 2020 and 2030 years are presented in the article. The calculations have been carried out on the basis of the methods recommended by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), involving the available empirical data obtained in the country by various agencies and institutions.

*Key words:* arable land, greenhouse gases, absorption, emission, land management.