

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 556.1

В. Баярмаа

АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА УРОЖАЙНОСТЬ (ЗАПАДНЫЕ СОМОНЫ СЭЛЭНГИЙСКОГО АЙМАКА, МОНГОЛИЯ)

Представлены агроклиматические ресурсы в западных сомонах Сэлэнгийского аймака. К ним относятся сомоны Баруун-бурэн, Зуунбурэн, Орхонтуул, Орхон, Цагааннуур, Тушиг, Хушаат, Сант, Сайхан. По агроклиматическому районированию исследуемый регион относится к умеренному поясу. Земледелие возможно в теплое время года. В посевах доминируют пшеница, картофель, овощи, в более южных районах – плодовые, ягодники. Климат существенно влияет на формирование урожая сельскохозяйственных культур. Он в значительной мере определяет средний уровень урожайности, ее межгодовую изменчивость и пространственную структуру национального и мирового сельскохозяйственного производства. В статье показаны результаты исследований метеорологических данных трех метеостанций Сэлэнгийского аймака: Орхон, Орхонтуул, Цаганнуур с вычислением гидротермического коэффициента (ГТК), коэффициента увлажнения (КУ) и индекса биологической эффективности климата (БЭК), а также корреляционной зависимости урожайности с ГТК.

Ключевые слова: температура воздуха, осадки, гидротермический коэффициент, коэффициент увлажнения, биологическая эффективность климата; урожайность.

Вопросы современного устойчивого развития регионов приобрели особую актуальность в последние десятилетия, когда климатические характеристики и агроклиматические ресурсы начали испытывать значительные изменения. Поэтому проблема анализа изменений температурного режима воздуха в приземном слое атмосферы, режима атмосферных осадков и других природно-климатических характеристик регионов, связанных с глобальным потеплением климата, а также исследования возможных последствий этих изменений с целью адаптации к ним природной и социально-экономической сферы в последние годы приняла острый характер. Решение этой актуальной проблемы связано с разработкой эффективных методов детальной оценки и использования агроклиматических ресурсов.

Известно, что совокупность метеорологических факторов, включая в первую очередь тепло и влагу, формирует агроклиматические ресурсы территории, определяющие условия производства и продуктивности сельскохозяйственных культур [1]. Целью нашего исследования является оценка пространственно-временной изменчивости агроклиматических условий на территории района исследования в период с 1994 по 2013 г., приходящийся на наиболее активную фазу глобального потепления, а также корреляционных связей между урожайностью зерновых культур и отдельными показателями температурно-влажностного режима региона. В качестве характеристик теплового и влажностного состояния природной среды в первую очередь рассматривались следующие показатели: гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК), коэффициент увлажнения (КУ), индекс биологической эффективности климата (БЭК), предложенный Н.Н. Ивановым.

По агроклиматическому районированию исследуемый регион относится к умеренному поясу. Лето дождливое, зима сухая. Земледелие возможно в теплое время года. В посевах доминируют серые хлеба, пшеница, зернобобовые, картофель, овощи, в более теплой части плодовые, ягодники.

Район исследования. Западные сомоны Сэлэнгийского аймака находятся в северной части Монго-

лии и граничат с аймаками Булган, Орхон-Уул, Дархан-Уул, Төв и Россией (рис. 1). Территория западных сомонов Сэлэнгийского аймака занимает площадь 19,9 тыс. км², это 44,8% всей территории Сэлэнгийского аймака. По физико-географическому районированию исследуемая нами площадь входит в средневысотный горный район бассейна Орхона и Сэлэнги Хангайско-Хэнтэйской горной области. На территории исследования преобладают ландшафты горной тайги, горной лесостепи и сухой степи. Наибольших высот горы здесь достигают на юге (2500 м), наименьшие высоты – у выхода Сэлэнги из МНР (менее 600 м), в среднем же абсолютная высота гор этой области равна примерно 1500–2000 м, а долины 800–1200 м.

Исходные материалы. В качестве исходных данных для расчета гидротермического коэффициента Г.Т. Селянинова (ГТК), коэффициента увлажнения (КУ), индекса биологической эффективности климата (БЭК) использовались сведения о температуре воздуха, количестве осадков и относительной влажности трех метеорологических станций: Орхон, Орхонтуул, Цагааннуур за период с 1994 по 2013 г. [8].

Данные урожайности зерновых культур, картофеля, овощей в сомонах Орхон, Орхонтуул, Цагааннуур получены за период с 1994 по 2013 г. [9].

Методы исследования. Для оценки степени увлажнения и засушливости вегетационного периода широкое применение получил индекс Г.Т. Селянинова, который вычисляется по формуле

$$\text{ГТК} = \frac{10 \sum P}{\sum T_{>10^{\circ}\text{C}}},$$

где $\sum P$ – сумма осадков (мм) и $\sum T_{>10^{\circ}\text{C}}$ – сумма среднесуточных температур (°C) за период с $T \geq 10^{\circ}\text{C}$. Разной степени увлажнения соответствуют следующие градации: ГТК < 0,4 – очень сильная засуха; 0,4 ≤ ГТК < 0,5 – сильная засуха; 0,5 ≤ ГТК < 0,7 – средняя засуха; 0,7 ≤ ГТК ≤ 1,0 – недостаточное увлажнение; 1,0 < ГТК ≤ 2,0 – достаточное увлажнение; ГТК > 2,0 – переувлажнение.

Коэффициент увлажнения находится как отношение годового количества осадков (Р, мм) к годовой испаряемости (Е, мм), которую получают суммированием значений испаряемости за каждый месяц года ($E_{мес}$), рассчитываемой по формуле Н.Н. Иванова:

$$E = 0,0018(25 + t)^2(100 - f),$$

где t – среднемесячная температура воздуха, °С; f – среднемесячная относительная влажность воздуха, %.

Индекс биологической эффективности (БЭК) представляет собой произведение суммы активных температур $T > 10^{\circ}\text{C}$ в сотнях градусов ($0,01\sum T_{>10}$) на коэффициент увлажнения (КУ):

$$\text{БЭК} = (0,01\sum T_{>10}) \cdot \text{КУ}.$$

БЭК обобщает важнейшие климатические параметры – атмосферные осадки, температуру и относительную влажность воздуха, рассматриваемые в их

годовом ходе, а также годовую теплообеспеченность – и хорошо выражает общий экологический фон. Зоне экологического оптимума соответствует БЭК порядка 22.

Результаты исследования. В табл. 1 представлено распределение ГТК, рассчитанное за май – август для трех метеорологических станций по годам в период с 1994 по 2013 г.

Согласно данным табл. 1 в сомоне Орхонтуул в 2002 г. была сильная засуха (0,50), но в 2013 г. – переувлажнение (1,65), среднее значение – достаточное увлажнение (1,06). В сомоне Орхон в 2002 г. была сильная засуха (0,41), но в 2013 г. – переувлажнение (2,17), среднее значение – достаточное увлажнение (1,14). В сомоне Цаганнуур в 1997 г. было достаточное увлажнение (1,70), но в 2002 г. была сильная засуха (0,59), среднее значение – достаточное увлажнение (1,05).

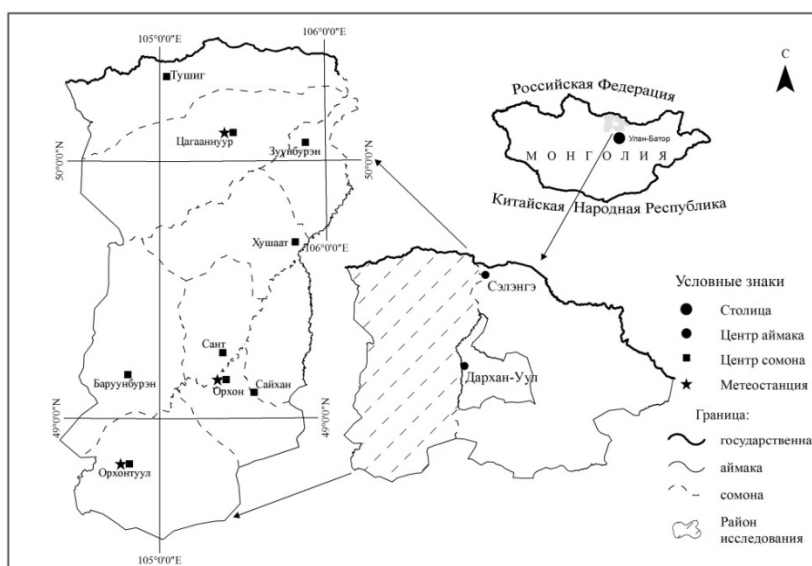


Рис. 1. Географическое положение района исследования

Таблица 1

Гидротермический коэффициент в период с 1994 по 2013 г.

| Год | Орхонтуул | Орхон | Цаганнуур | Среднее |
|---------|-----------|-------|-----------|---------|
| 1994 | 1,55 | 1,19 | 1,35 | 1,36 |
| 1995 | 0,98 | 0,78 | 0,98 | 0,91 |
| 1996 | 0,70 | 0,92 | 0,70 | 0,78 |
| 1997 | 0,98 | 1,54 | 1,70 | 1,41 |
| 1998 | 1,27 | 1,28 | 1,01 | 1,19 |
| 1999 | 1,08 | 0,87 | 0,92 | 0,96 |
| 2000 | 0,95 | 0,87 | 1,15 | 0,99 |
| 2001 | 0,76 | 1,00 | 1,04 | 0,93 |
| 2002 | 0,50 | 0,40 | 0,59 | 0,50 |
| 2003 | 0,72 | 1,24 | 1,04 | 1,00 |
| 2004 | 0,95 | 0,81 | 0,95 | 0,90 |
| 2005 | 0,71 | 1,04 | 0,90 | 0,88 |
| 2006 | 1,08 | 1,19 | 1,27 | 1,18 |
| 2007 | 1,16 | 1,05 | 1,28 | 1,16 |
| 2008 | 1,35 | 1,62 | 1,05 | 1,34 |
| 2009 | 1,56 | 1,44 | 1,06 | 1,35 |
| 2010 | 1,04 | 0,98 | 0,96 | 0,99 |
| 2011 | 1,13 | 1,03 | 0,77 | 0,98 |
| 2012 | 1,20 | 1,33 | 1,06 | 1,19 |
| 2013 | 1,65 | 2,17 | 1,28 | 1,70 |
| Среднее | 1,31 | 1,39 | 1,03 | 1,24 |

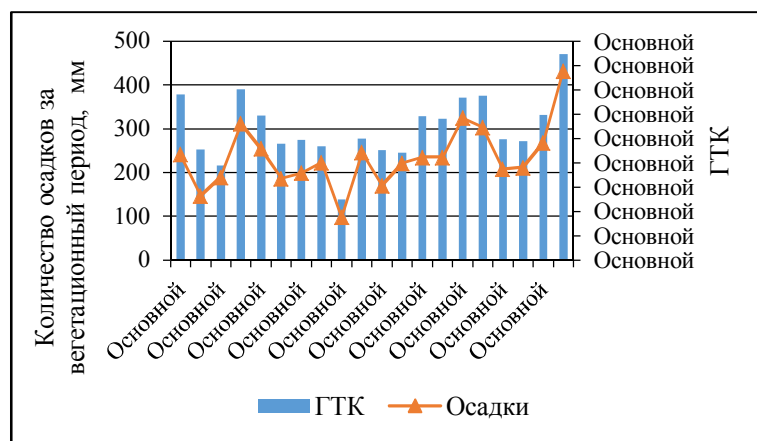


Рис. 2. Межгодовая изменчивость осредненного значения ГТК и осадков по территории в вегетационный период за 1994–2013 гг.

На рис. 2 представлено осредненное значение ГТК и осадков по исследуемой территории за вегетационный период. ГТК более тесно связан с осадками, чем с температурой воздуха. Коэффициент корреляции между урожайностью зерновых

культур и ГТК для исследуемого района составил в сомоне Орхон 0,34, в сомоне Орхонтуул 0,49, в сомоне Цаганнуур 0,15, то есть погодные условия могут оказывать влияние на формирование урожайности.

Таблица 2

Значения коэффициента увлажнения и индекса биологической эффективности для трех сомонов за 1994–2013 гг.

| Годы | Орхонтуул | | Орхон | | Цаганнуур | | Среднее КУ | Среднее БЭК |
|---------|-----------|-------|-------|-------|-----------|-------|------------|-------------|
| | КУ | БЭК | КУ | БЭК | КУ | БЭК | | |
| 1994 | 1,14 | 23,20 | 0,89 | 17,90 | 0,69 | 13,70 | 0,91 | 18,27 |
| 1995 | 1,26 | 23,40 | 0,50 | 9,50 | 0,58 | 11,00 | 0,78 | 14,63 |
| 1996 | 0,52 | 10,60 | 0,43 | 8,70 | 0,33 | 6,40 | 0,43 | 8,57 |
| 1997 | 0,73 | 14,90 | 0,65 | 13,10 | 0,66 | 13,10 | 0,68 | 13,70 |
| 1998 | 0,59 | 11,80 | 0,63 | 12,60 | 0,34 | 6,40 | 0,52 | 10,27 |
| 1999 | 0,48 | 10,00 | 0,37 | 8,00 | 0,36 | 7,60 | 0,40 | 8,53 |
| 2000 | 0,61 | 13,50 | 0,43 | 9,90 | 0,56 | 12,30 | 0,53 | 11,90 |
| 2001 | 0,48 | 10,30 | 0,48 | 10,60 | 0,48 | 10,40 | 0,48 | 10,43 |
| 2002 | 0,17 | 4,00 | 0,14 | 3,80 | 0,22 | 5,20 | 0,18 | 4,33 |
| 2003 | 0,31 | 6,20 | 0,64 | 12,60 | 0,40 | 7,80 | 0,45 | 8,87 |
| 2004 | 0,55 | 11,50 | 0,34 | 7,10 | 0,53 | 6,90 | 0,47 | 8,50 |
| 2005 | 0,35 | 7,50 | 0,42 | 8,90 | 0,28 | 5,80 | 0,35 | 7,40 |
| 2006 | 0,64 | 12,70 | 0,60 | 11,80 | 0,62 | 12,00 | 0,62 | 12,17 |
| 2007 | 0,78 | 17,60 | 0,45 | 10,10 | 0,75 | 16,30 | 0,66 | 14,67 |
| 2008 | 0,76 | 15,30 | 0,66 | 13,30 | 0,49 | 9,90 | 0,64 | 12,83 |
| 2009 | 0,91 | 18,70 | 0,63 | 13,20 | 0,64 | 12,90 | 0,73 | 14,93 |
| 2010 | 0,55 | 11,30 | 0,39 | 8,20 | 0,59 | 12,20 | 0,51 | 10,57 |
| 2011 | 0,64 | 12,90 | 0,44 | 9,00 | 0,27 | 5,30 | 0,45 | 9,07 |
| 2012 | 0,59 | 11,70 | 0,61 | 12,30 | 0,44 | 8,50 | 0,55 | 10,83 |
| 2013 | 0,89 | 17,60 | 1,14 | 22,70 | 0,59 | 11,40 | 0,87 | 17,23 |
| Среднее | 0,65 | 13,24 | 0,54 | 11,17 | 0,49 | 9,76 | 0,56 | 11,39 |

Согласно данным табл. 2, максимально приближенным к оптимуму, является показатель биологической эффективности климата, который на станции Орхонтуул составил 23,4 (1995 г.). В сомоне Орхон – 22,7 (2013 г.), в Цаганнууре – 16,3 (2007 г.), среднее его значение по территории исследования – 11,4. Коэффициент увлажнения в сомоне Орхонтуул в 1995 г. был 1,26 (достаточное увлажнение), но в 2002 г. – 0,17 (недостаточное увлажнение), среднее значение – 0,65 (умеренное увлажнение). В сомоне Орхон в 2002 г. было скудное увлажнение (0,14), но в 2013 г. – достаточное увлажнение (1,14), среднее значение – 0,54 (недостаточное увлажнение). В сомоне Цаганнуур в

2002 г. было скудное увлажнение (0,22), но в 2007 г. – умеренное увлажнение (0,75), среднее значение – 0,49 (недостаточное увлажнение).

На рис. 3 представлено осредненное по территории значение КУ и БЭК. Максимальное осредненное значение показателя биологической эффективности достигало 18,3 (1994 г.), минимальное – 4,3 (2002 г.). Максимум коэффициента увлажнения составил 0,91 (1994 г.), минимум – 0,18 (2002 г.).

Следует также отметить, что средние значения сумм активной температуры по сомонам уменьшаются от 2080°C (1994–2003 гг.) до 2043°C (2003–2013 гг.) при среднем значении за 1994–2013 гг. 2064°C.

На рис. 4 показано, что минимальные значения сумм активной температуры воздуха составили 1886°С (1995 г.), максимум – 2376°С (2002 г.).

Количество осадков за вегетационный период: минимум – 118 мм (2002 г.), максимум – 334 мм (2013 г.).

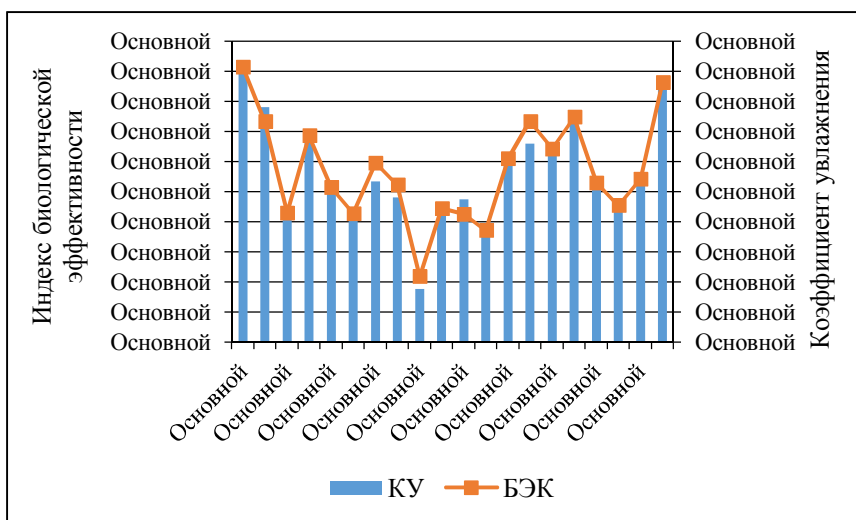


Рис. 3. Межгодичная изменчивость среднего значения по территории коэффициента увлажнения (КУ) и индекса биологической эффективности (БЭК) за 1994–2013 гг.

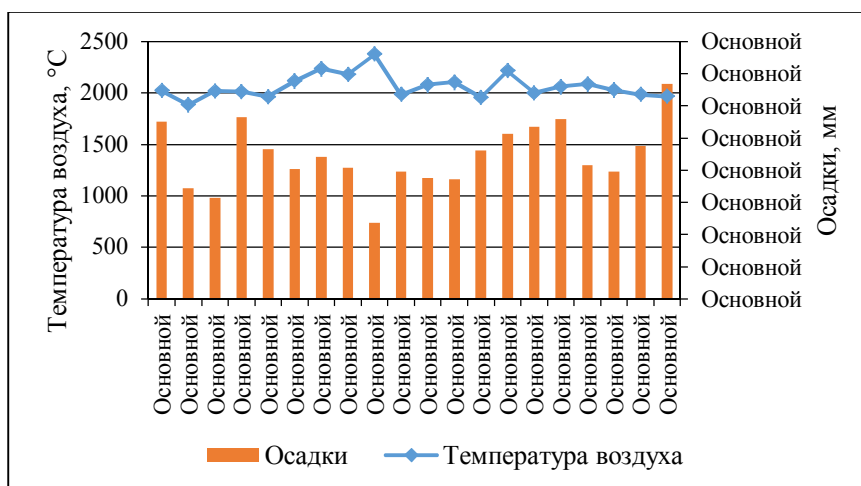


Рис. 4. Межгодовые изменения температуры воздуха (°С) и количества атмосферных осадков за вегетационный период 1994–2013 гг., мм



Рис. 5. Межгодовые изменения урожайности зерновых культур и картофеля за 1994–2013 гг., ц/га

На рис. 5 показано, что значение урожайности зерновых культур в 2005 г. было 1,7 ц/га, но в 2012 г. (18,3 ц/га), картофеля в 2002 г. (44,7 ц/га), но в 2011 г. (170,3 ц/га).

Как видно из рис. 4–5, в последнее двадцатилетие наблюдается незначительное уменьшение температуры воздуха и увеличение количества атмосферных осадков в вегетационный период, а также увеличение урожайности.

Т а б л и ц а 3

Урожайность и агроклиматические ресурсы в разные периоды сельскохозяйственного сезона за 1994–2013 гг.

| Год и параметры статистич. обработки | Температура воздуха, °С | | Количество выпавших осадков, мм | | ГТК | Урожайность, ц/га | | |
|--------------------------------------|-------------------------|--------------|---------------------------------|--------------|------|-------------------|-----------|-------|
| | средняя годовая | май – август | за год | май – август | | Зерновые культуры | Картофель | Овощи |
| 1994 | 0,9 | 16,5 | 360,2 | 241 | 1,36 | 10,5 | 80,1 | 70,9 |
| 1995 | 1,0 | 15,3 | 240,0 | 147 | 0,91 | 10,0 | 105,3 | 84,4 |
| 1996 | -0,2 | 16,4 | 206,0 | 190 | 0,78 | 7,6 | 80,7 | 102,7 |
| 1997 | 0,6 | 16,4 | 315,5 | 312 | 1,41 | 9,5 | 79,2 | 72,3 |
| 1998 | 1,3 | 15,9 | 319,6 | 255 | 1,19 | 4,1 | 86,3 | 96,5 |
| 1999 | 1,3 | 17,2 | 264,3 | 186 | 0,96 | 5,6 | 65,7 | 108,9 |
| 2000 | 0,2 | 18,2 | 295,4 | 199 | 0,99 | 6,1 | 93,2 | 124,7 |
| 2001 | 0,1 | 17,8 | 261,5 | 223 | 0,93 | 7,1 | 86,2 | 100,5 |
| 2002 | 1,4 | 19,3 | 197,1 | 98 | 0,50 | 5,1 | 44,9 | 79,3 |
| 2003 | -0,2 | 16,2 | 275,8 | 246 | 1,00 | 7,2 | 114,0 | 118,4 |
| 2004 | 0,5 | 17,0 | 263,2 | 170 | 0,90 | 8,3 | 108,2 | 121,2 |
| 2005 | -0,6 | 17,1 | 247,7 | 222 | 0,88 | 1,7 | 80,3 | 111,0 |
| 2006 | 0,4 | 15,9 | 291,9 | 235 | 1,18 | 14,4 | 164,7 | 157,7 |
| 2007 | 2,3 | 18,0 | 304,7 | 234 | 1,16 | 8,2 | 141,3 | 171,9 |
| 2008 | 1,0 | 16,3 | 313,3 | 325 | 1,34 | 14,7 | 145,9 | 143,8 |
| 2009 | 0,4 | 16,8 | 342,5 | 303 | 1,35 | 12,8 | 159,7 | 162,0 |
| 2010 | -0,8 | 17,0 | 253,3 | 208 | 0,99 | 14,1 | 137,5 | 136,0 |
| 2011 | -0,2 | 16,5 | 252,2 | 211 | 0,98 | 12,0 | 170,3 | 129,5 |
| 2012 | -1,1 | 16,1 | 312,8 | 268 | 1,19 | 18,3 | 123,4 | 119,9 |
| 2013 | -0,2 | 16,0 | 392,1 | 432 | 1,70 | 10,5 | 128,0 | 125,8 |
| Среднее | 0,4 | 16,8 | 285,5 | 235,2 | 1,1 | 9,4 | 109,7 | 116,9 |
| Ср. кв. отклонение | 0,7 | 0,7 | 39,3 | 50,0 | 0,2 | 3,3 | 29,7 | 22,5 |
| г зерновых культур | -0,31 | -0,43 | 0,34 | 0,36 | 0,45 | | | |
| г картофеля | -0,21 | -0,38 | 0,33 | 0,41 | 0,43 | | | |
| г овощей | -0,04 | 0,01 | 0,22 | 0,29 | 0,25 | | | |

Примечание. r – коэффициент корреляции.

В табл. 3 представлен коэффициент корреляции, который показывает тесноту связи между метеорологическими факторами и изменением урожайности. Для исследуемого периода в западных сомонах Сэлэнгийского аймака коэффициент корреляции урожайности зерновых культур с годовой суммой осадков в среднем составил 0,34; с осадками за период май – август – 0,36; с температурой за период май – август – в среднем -0,43; т.е. наибольшая роль в формировании урожая принадлежит увлажненности в первую половину вегетационного периода. Коэффициент корреляции между урожайностью зерновых культур и ГТК в исследуемом районе составил -0,45, с картофелем - 0,43, овощами - 0,25.

Выводы. В целом агроклиматические условия в западных сомонах Сэлэнгийского аймака в период 1994–2013 гг. несколько улучшаются: хотя наблюдается незначительное уменьшение температуры воздуха и увеличение количества осадков в вегетационный период, индекс биологической эффективности и урожайность увеличиваются.

Таким образом, современные изменения агроклиматических ресурсов в регионе благоприятно сказываются на урожайности зерновых культур. Выявлена тенденция роста продуктивности сельскохозяйственных культур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Переведенцев Ю.П., Шарипова Р.Б., Важнова Н.А. Агроклиматические ресурсы Ульяновской области и их влияние на урожайность зерновых культур // Вестник УдГУ. Сер. Биология. Науки о Земле. 2012. № 2. С. 120–126.
2. Статистический справочник Сэлэнгийского аймака, 2010 г. Сухбаатар, 2011. 150 с.
3. Шапко Д.И. Агроклиматические ресурсы СССР. Л.: Гидрометеониздат, 1985. 245 с.
4. Мировой агроклиматической справочник / ред. Г.Т. Селянинов. Л.: Гидрометеониздат, 1937. 411 с.
5. Иванов Н.Н. Показатель биологической эффективности климата // Известия РАН. Сер. Геогр. 1999. № 3. С. 86–92.
6. Педь Д.А. О показателе засухи и избыточного увлажнения // Труды ГМЦ. 1975. Вып. 156. С. 19–39.
7. Мещерская А.В. О показателе засухи и урожайности зерновых культур // Метеорология и гидрология. 1988. № 2. С. 91–98.
8. Институт метеорологии и гидрогеологии Монголии. Метеорологические данные по станциям Орхон, Орхонтуул, Цагааннуур. 1994–2013 гг. Улаанбаатар, 2014.
9. Администрация Сэлэнгийского аймака. Данные по урожайности сельскохозяйственных культур. 1994–2013 гг. Сухбаатар, 2014.

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 22 июля 2015 г.

AGRO-CLIMATIC RESOURCES AND THEIR EFFECTS ON CROP PRODUCTIVITY (ON WESTERN SOUMS OF SELENGE PROVINCE, MONGOLIA)

Tomsk State University Journal, 2015, 399, 241–246. DOI: 10.17223/15617793/399/39

Bayarmaa Vandangombo. Mongolian Academy of Science (Ulaanbaatar, Mongolia), Tomsk State University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: m_bayarmaa@yahoo.com; vbayarmaa@mail.ru

Keyword: air temperature; precipitation; hydrothermal coefficient; coefficient of moisture expansion; index of biological effectiveness of climate; productivity.

The paper presents the agro-climatic resources in western soums of Selenge Province. They include Baruunburen, Zuunburen, Orkhontuul, Orkhon, Tsagaannuur, Tushig, Khushaat, Sant and Saikhan soums. They are located in the north part of Mongolia, bordering with Bulgan, Orkhon-Uul, Darkhan-Uul and Central provinces, and with Russia as well. The territory of western soums of Selenge Province covers 19,900 km². It accounts for 44.8 % of all territories (areas) of Selenge Province. As for agro-climatic zoning, the region belongs to the temperate zone. Summers are rainy and winters are dry. Arable farming is possible during warmer months throughout the year. Wheat, potatoes and vegetables are major crops; fruit and berries dominate in the warmer part. The climate plays an essential role in crop production. It largely determines the average productivity, its inter-annual variability, and the spatial structure of the national and global agricultural production. Climate and weather conditions significantly affect agricultural production. Integrated hydro-meteorological indicators that determine the growth and development of cultivated plants are widely used in agro-meteorological developments. The article demonstrates the results of the study of meteorological data of the three meteo stations of Selenge Province: Orkhon, Orkhontuul and Tsagaannuur with the calculation of hydrothermal coefficient (HTC), coefficient of moisture expansion (CME), index of biological effectiveness of the climate (BEC) as well as correlated dependent productivity with HTC. HTC is more closely connected with precipitation than air temperature. Correlation coefficient between productivity of cultivated plants and HTC has been 0.34 in Orkhon soum, 0.49 in Orkhontuul soum, 0.15 in Tsagaannuur soum, i.e. the weather conditions have an effect on productivity formation. For the period under study on average the correlation coefficient of grain yields with the annual precipitation has been 0.34; with precipitation in the period of May–August 0.36; with temperature in the period of May–August 0.43; i.e. the greatest role in formation of the harvest belongs to moisture in the first half of the vegetation growing season. Correlation coefficient between productivity of crops and HTC has been 0.45 for crop, 0.43 for potatoes, 0.25 for vegetables in the region.

REFERENCES

1. Perevedentsev, Yu.P., Sharipova, R.B. & Vazhnova, N.A. (2012) Agroklimaticheskie resursy Ul'yanovskoy oblasti i ikh vliyaniye na urozhaynost' zernovykh kul'tur [Agroclimatic resources of Ulyanovsk Oblast and their impact on the yield of grain crops]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Biologiya. Nauki o Zemle*. 2. pp. 120–126.
2. Selenge Province. (2011) *Statisticheskii spravochnik Selengiyskogo aymaka, 2010 g.* [Statistical Handbook of Selenge Province, 2010]. Sukhbaatar.
3. Shashko, D.I. (1985) *Agroklimaticheskie resursy SSSR* [Agroclimatic resources of the USSR]. Leningrad: Gidrometeoizdat.
4. Selyaninov, G.T. (ed.) (1937) *Mirovoy agroklimaticheskoy spravochnik* [World's agro-climatic handbook]. Leningrad: Gidrometeoizdat.
5. Ivanov, N.N. (1999) Pokazatel' biologicheskoy effektivnosti klimata [The index of the biological effectiveness of the climate]. *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya*. 3. pp. 86–92.
6. Ped', D.A. (1975) O pokazatele zasukhi i izbytochnogo uvlazhneniya [Index of drought and excess moisture]. *Trudy GMTs*. 156. pp. 19–39.
7. Meshcherskaya, A.V. (1988) O pokazatele zasukhi i urozhaynosti zernovykh kul'tur [Index of drought and grain yields]. *Meteorologiya i gidrologiya*. 2. pp. 91–98.
8. Institute of Meteorology and Hydrogeology of Mongolia. (2014) *Meteorologicheskije dannye po stantsiyam Orkhon, Orkhontuul, Tsagaannuur. 1994–2013 gg.* [Meteorological data of stations Orkhon, Orkhontuul, Tsagaannuur. 1994–2013]. Ulaanbaatar.
9. Administration of Selenge Province. (2014) *Dannye po urozhaynosti sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. 1994–2013 gg.* [Data on crop yields. 1994–2013]. Sukhbaatar.

Received: 22 July 2015