

В ходе моделирования и численного эксперимента были получены расчетным путем при заданных параметрах естественные и искусственные режимы влажности метрового слоя почвогрунта для понижений рельефа и осушаемых ими водосборных территорий (табл. 3). Результаты численного эксперимента вынесены на график (рис. 2) для сравнения режимов влажности почвы в различные по водности годы на водосборной площади микропонижения и в самом микропонижении. Такие же расчеты были проделаны с учетом орошения поверхности водосборов до уровней  $V_0 = 0,7; 0,8; 0,9; 1,0$  при различных соотношениях площадей ( $F/f = 5; 15; 20$ ).

**Заключение.** Количественная оценка перераспределения атмосферного увлажнения по элементам микрорельефа для юга Западной Сибири позволила получить величины избытков влаги  $\Delta V_{ср} = V_{срп} - V_{срв}$  и  $\Delta W_{ср} = \Delta V_{ср} \cdot W_{нв}$  (табл. 3) и показала, что при проектировании орошения Западной Сибири необходимо предусматривать систематический дренаж во избежание подъема уровня грунтовых вод и засоления почв, так как даже в естественных условиях наблюдается переувлажнение микропонижений до уровней выше полной и капиллярной влагоемкости.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Антипов, А.Н. Ландшафтно-гидрологические характеристики Западной Сибири / А.Н. Антипов [и др.]. – Иркутск, 1989. – 221 с.
2. Калинин, В.М. Малые реки в условиях антропогенного воздействия / В.М. Калинин, С.И. Ларин, И.М. Романова. – Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 1998. – 220 с.
3. Ткачев, Б.П. Бессточные области юга Западной Сибири / Б.П. Ткачев. – Томск: Изд-во ТГУ, 2001. – 160 с.
4. Карнацевич, И.В. Возобновляемые ресурсы тепловлагообеспеченности Западно-Сибирской равнины и динамика их характеристик / И.В. Карнацевич, О.В. Мезенцева, Ж.А. Тусупбеков, Г.Г. Бикбулатова; под общ. ред. О.В. Мезенцевой. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2007. – 270 с.
5. Карнацевич, И.В. Исследование динамики и картографирование полей элементов теплого и водного балансов и характеристик естественной тепловлагообеспеченности. / И.В. Карнацевич, О.В. Мезенцева, Ж.А. Тусупбеков, Г.Г. Бикбулатова; под общ. ред. О.В. Мезенцевой: монография. – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2008. – 224 с.
6. Карнацевич, И.В. Расчеты тепловых и водных ресурсов малых речных водосборов на территории Сибири: Водные ресурсы и водный баланс / И.В. Карнацевич. – Омск: Изд-во ОмСХИ, 1991. – 82 с.
7. Карнацевич, И.В. Расчеты тепловых и водных ресурсов малых речных водосборов на территории Сибири. Теплоэнергетические ресурсы климата и климатических процессов / И.В. Карнацевич. – Омск: Изд-во ОмСХИ, 1989. – Ч. 1. – 76 с.
8. Мезенцев, В.С. Увлажненность Западно-Сибирской равнины / В.С. Мезенцев, И.В. Карнацевич. – Л.: Гидрометеоиздат, 1969. – 168 с.
9. Мезенцев, В.С. Гидролого-климатические основы проектирования гидромелиораций / В.С. Мезенцев. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 1993. – 128 с.
10. Мезенцева, О.В. Структура тепловых и водных балансов на территории Западной Сибири в средний год / О.В. Мезенцева, Н.О. Игенбаева // Омский научный вестник. – Омск: Изд-во ОмГТУ. – 2004. – № 4(29). – С. 172–176.
11. Мезенцева, О.В. Характеристики тепловлагообеспеченности водосборов и геотопология новой гидрологической константы / О.В. Мезенцева // Омск. науч. вестн. – Омск, 2006. – № 8(44). – С. 298–302.
12. Мезенцева, О.В. Пространственно-временная динамика элементов водного баланса и характеристик увлажнения на юге Западной Сибири / О.В. Мезенцева // Омский научный вестник. Серия «Ресурсы Земли». – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2007. – № 1(53). – С. 119–125.
13. Земцов, В.А. Ресурсы поверхностного стока в бассейне Оби: основные закономерности и проблемы управления: дис. на соискание уч. ст. докт. геогр. наук / В.А. Земцов. – Томск, 2004. – 321 с.
14. Мезенцев, В.С. Оценка увлажнения пахотных земель в связи с перераспределением атмосферных осадков по элементам микрорельефа / В.С. Мезенцев, В.Е. Загребельный // Режимы и эффективность гидротехнических мелиораций в Сибири. – Омск, 1989. – С. 4–8.
15. Загребельный, В.Е. О гидрологических проблемах гидромелиорации на юге Омской области / В.Е. Загребельный, В.В. Лоскутов, О.В. Мезенцева // Проблемы и опыт мелиорации и водохозяйственного освоения Сибири. – Омск: Изд-во ОмСХИ, 1991. – С. 49–51.

Материал поступил в редакцию 28.02.09

#### MEZENTSEVA O.V. Estimation of redistribution of atmospheric humidifying on elements of a microrelief of a southern part of Western Siberia

In clause the results of the analysis and quantitative estimation of a quantitative estimation of humidifying of grounds are given in connection with presence of microdownturn and redistribution of atmospheric precipitation on elements of a microrelief of the basin area. On the basis of the quantitative characteristics of humidifying received with use of results of water-balance accounts, the hydrological-geographical laws of functioning of geosystems of areas without drain in the south of Western Siberia are analyzed. The analysis of change of humidity of ground in microdownturn and in territory of their basins in natural conditions is executed.

УДК 551.58:556.1(571.1)

Мезенцева О.В.

### ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК ЕСТЕСТВЕННОЙ ТЕПЛОВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ И ВОПРОСЫ УСТОЙЧИВОСТИ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

**Введение.** Традиционно в Западной Сибири зоной зернового земледелия и других видов растениеводства являются пахотные земли степной, лесостепной зон, безлесных участков подтайги и южной тайги. Эти территории значительно различаются по условиям естественной тепловлагообеспеченности, как в средний по влажности год, так и в годы с различной структурой теплового и водного балансов. В связи с наметившимися в последние десятилетия в рамках естественных колебаний климатическими тенденциями к потеплению и глобальным развитием процессов аридизации возникает проблема устойчивости развития сельского хозяйства на юге Западной Сибири. Не менее важной проблемой является вопрос о

возможном смещении растительных зон. Климатологи дают прогноз линейных положительных трендов средних годовых температур, сформированных, прежде всего, за счет роста температур зимнего периода [1]. Согласно их исследованиям особенности циркуляции атмосферы над южной частью Западной Сибири могут привести к увеличению сумм атмосферных осадков с относительным сохранением соотношения ресурсов влаги и тепла при изменившихся структурах теплового и водного балансов за конкретные годы.

**Основные понятия.** В основу исследования была положена количественная оценка пространственно-временной динамики условий

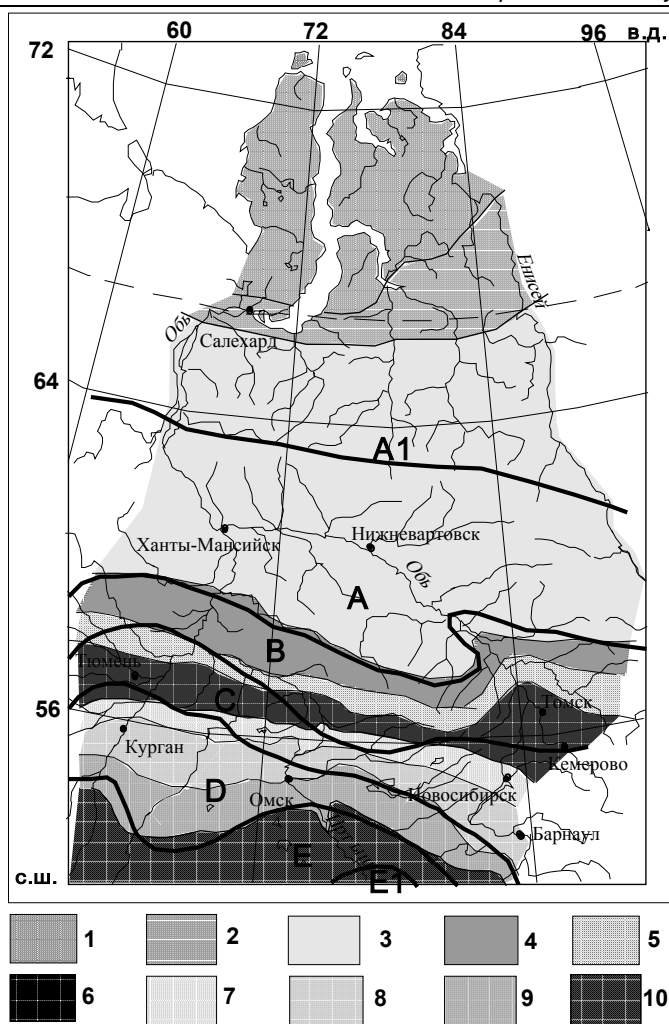


Рис. 1. Взаимное расположение зоны хозяйственного оптимума увлажнения, гидролого-климатических зон и природных зон Западно-Сибирской равнины

**Гидролого-климатические зоны:**

- А** – зона избыточного увлажнения в средний и влажные годы и оптимального увлажнения в сухой год повторяемостью 1 раз в 5 лет;
- В** – зона избыточного увлажнения и недостаточной теплообеспеченности во влажный год повторяемостью 1 раз в 5 лет и оптимального увлажнения в средний год и сухой год повторяемостью 1 раз в 5 лет;
- С** – зона оптимального увлажнения и теплообеспеченности в средний год и во влажный год повторяемостью 1 раз в 5 лет и недостаточного увлажнения в сухой год повторяемостью 1 раз в 5 лет;
- Д** – зона недостаточного увлажнения и избыточной теплообеспеченности в сухой год повторяемостью 1 раз в 5 лет и оптимального увлажнения в средний год и во влажный год повторяемостью 1 раз в 5 лет;
- Е** – зона весьма недостаточного увлажнения и избыточной теплообеспеченности в средний год и сухой год повторяемостью 1 раз в 5 лет, а также недостаточного увлажнения во влажный год повторяемостью 1 раз в 5 лет;
- А1** – зона весьма избыточного увлажнения и недостаточной теплообеспеченности;
- Е1** – зона весьма недостаточного увлажнения и избыточной теплообеспеченности.

**Природные зоны:**

- 1 – тундра; 2 – лесотундра; 3 – северная и средняя тайга; 4 – южная тайга; 5 – подтайга (смешанные леса); 6 – мелколиственные леса; 7 – северная лесостепь; 8 – центральная лесостепь; 9 – южная лесостепь; 10 – степь.

**Зона хозяйственного оптимума увлажнения** в средний, сухие и влажные годы повторяемостью не реже 1 раз в 5 лет – области В, С, D.

естественной тепловлагообеспеченности для 238 станций Западной Сибири за конкретные годы с 1936 г. по 2006 г. Определение количественных характеристик увлажнения и элементов теплового и водного балансов выполнялось по методу гидролого-климатических расчетов (ГКР) В.С. Мезенцева [2]. Географический анализ произведен с использованием векторного картографирования полей полученных в ходе расчетов гидролого-климатических характеристик. Пространственно-временная динамика полей характеристик увлажнения (коэффициента увлажнения, относительной влажности почвы, дефицита увлажнения и др.) с учетом их естественных колебаний в пределах солнечного цикла при повторяемости сухих и влажных лет не реже чем 1 раз в 5 лет, позволила выделить зону хозяйственного оптимума увлажнения [3], которая в принципе носит глобальный характер.

При определении местоположения зоны хозяйственного оптимума увлажнения использовано пространственное положение в годы с различной структурой теплового и водного балансов изолиний коэффициента увлажнения, дефицита увлажнения, относительной влажности почвы с определенными значениями. Известно, что гидролого-почвенно-мелиоративными условиями благоприятными для большинства сельскохозяйственных культур являются средний годовой коэффициент увлажнения в интервале 0,65...1,00, дефицит увлажнения в интервале -300...0 мм/май-август, относительная влажность почвы в долях наименьшей влагоемкости в интервале 0,6...1,00. Северной границе выделенной зоны хозяйственного оптимума увлажнения соответствуют условия с полностью соразмерным соотношением ресурсов влаги и тепла, нулевым дефицитом увлажнения и относительной влажностью на уровне 1,0 (наименьшая влагоемкость). Южной границе зоны хозяйственного оптимума увлажнения соответствуют условия нижнего оптимума увлажнения

почвы для сельскохозяйственных культур, при которых также на гидрографической карте прерываются постоянные водотоки (реки), формирующиеся за счет с местного стока, и остаются только временные водотоки (ручьи) и реки с транзитным стоком (Иртыш, Ишим, Тобол). Этому гидрографическому рубежу соответствует на поле изолиний нормы стока изолиния 30 мм/год (1 л/(с·км<sup>2</sup>)), изолиния 0,65 на поле коэффициента увлажнения, изолиния 0,6 на карте относительной влажности, изолиния -300 мм/(май-август) на карте дефицита увлажнения летнего периода.

Зона хозяйственного оптимума увлажнения охватывает в средний год подзону смешанных и мелколиственных лесов (рис. 1). С учетом естественных колебаний структуры теплового и водного балансов по годам повторяемостью 1 раз в 5 лет в пределах солнечного цикла зона хозяйственного оптимума увлажнения охватывает соседние лесостепную зону и подзону южной тайги. Именно территория зоны хозяйственного оптимума увлажнения ресурсами тепла и влаги обеспечена на оптимальном для сельхозкультур уровне, практически не требующем гидромелиоративных мероприятий. Путем подбора оптимального севооборота, максимального использования весенних запасов влаги в почве, применения специальных агротехнических приемов здесь возможно исключить необходимые гидромелиоративные мероприятия. В этой зоне процесс создания фитомассы в наибольшей степени обеспечен тепловыми ресурсами климата и достаточным для фотосинтеза увлажнением. Это проявляется в развитии древесной растительности, фитомасса которой в пределах зоны уменьшается по мере снижения уровня увлажнения с севера на юг. Даже в случае достаточно продолжительного положительного температурного тренда на этом пространстве обеспечено наличие водных ресурсов местного речного стока (а не только транзитного речного стока). Это условие также немаловажно

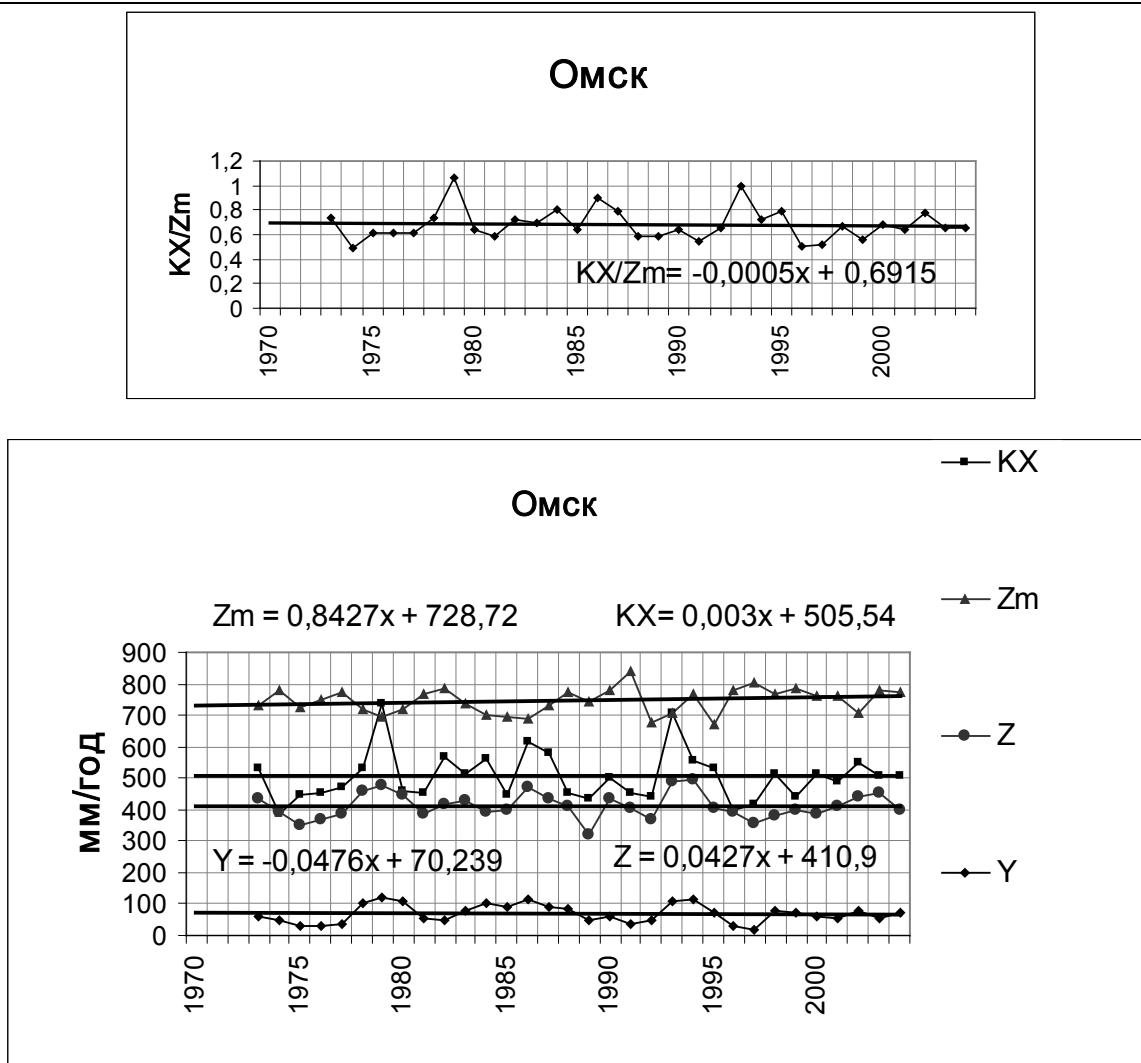


Рис. 2. Временная динамика и тренды балансовых элементов (водного эквивалента теплоэнергетических ресурсов испарения  $Z_m$ , атмосферных осадков  $KX$ , испарения  $Z$ , стока  $Y$ ) и коэффициента атмосферного увлажнения  $KX/Z_m$  для ст. Омск (граница центральной и южной лесостепи)

для сельскохозяйственного освоения территорий и водоснабжения существующих сельских поселений. Зона степей в зону хозяйственного оптимума увлажнения не включена из-за резкого снижения коэффициента увлажнения, неустойчивого весьма недостаточного увлажнения в сухие годы повторяемостью реже 1 раза в 5 лет и отсутствия рек с местным стоком.

Особенностью Западной Сибири является также то, что в северной части зоны хозяйственного оптимума увлажнения на плоских водоразделах подтайги и южной тайги наряду с автоморфными территориями распространены верховые болота, где особенно на легких почвах в условиях повышенного увлажнения в связи с прекращением в последние годы работ по гипсованию происходит вымывание кальция. Исследования [4] показывают необходимость повторного проведения агрохимических мелиораций. Попытка осушения верховых болот существенного увеличения сельхозугодий не принесла, но спровоцировала аридизацию и уменьшение полноводности малых рек, берущих начало на заболоченных водоразделах, способствовала распространению лесных пожаров и уменьшению поглощения избытка углекислого газа из атмосферы. В южной лесостепной части зоны хозяйственного оптимума увлажнения при отсутствии промывного режима солонцово-черноземные почвы также нуждаются в агрохимических мелиорациях путем гипсования. Многолетние исследования [4] показали, что здесь срок последствий гипсования достигает 20–30 лет. Длительная климатическая тенденция к повышению ежегодных теплоресурсов на юге Западной Сиби-

ри приводит к смещению агроклиматических зон к северу (на 40 – 50 км) и способна вызвать постепенное смещение границ растительных зон, как это уже происходило в голоцене. Вырубка лесов, осушение болот, лесные пожары, повреждение зональных типов древесной растительности насекомыми-вредителями и широкомасштабное лесозамещение одних пород деревьев другими могут оказывать влияние на этот процесс. Однако смещение границ растительных зон пока не зафиксировано.

В ходе исследований для некоторых станций юга Западной Сибири нами получены разнонаправленные линейные тренды характеристик естественного увлажнения и теплообеспеченности (рис. 2, табл. 1), которые дают право сомневаться в однонаправленности климатического процесса в последние десятилетия, свидетельствуют о том, что регистрируемая в крупных городах тенденция к потеплению в большей степени связана с проявлением цикличности природных явлений, на которую накладывается фактор расширения городских территорий [5]. Относительно небольшая продолжительность рядов инструментальных метеонаблюдений, многофакторность и стохастический характер климатических величин позволяют сделать вывод об отсутствии здесь достоверного климатического тренда коэффициента увлажнения на перспективу ближайших десятилетий. По теории ошибок, при малых значениях коэффициента вариации и не более 100–200 числе членов ряда достоверности трендов в многолетних рядах температуры и осадков настолько малы, что не позволяют говорить об изменении климата, а только

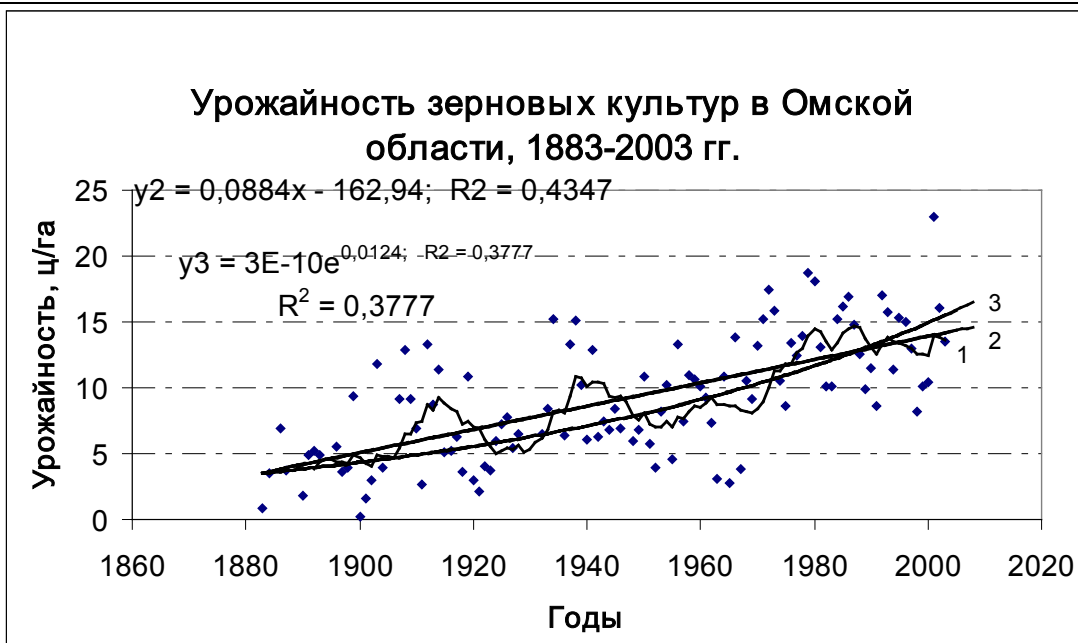


Рис. 3. График сглаживания колебаний урожайности (1), линейного (2) и криволинейного трендов урожайности зерновых культур в Омской области, 1883 – 2003 гг. [4]

Таблица 1. Градиенты трендов элементов водного баланса и коэффициента естественного увлажнения для станций зоны хозяйственного оптимума увлажнения Западной Сибири

Станция	Период	Градиенты трендов, мм/10 лет (доли ед./год)				
		Zm	KX	Z	Y	KX/Zm
Усть-Ишим	1973 – 2004 гг.	9,73	8,22	2,42	1,95	-0,040
Тевриз	1973 – 2004 гг.	17,40	13,76	6,69	4,19	-0,0005
Тара	1936 – 2006 гг.	4,86	9,62	-1,60	5,14	0,004
	1973 – 2004 гг.	14,93	3,13	1,06	0,63	-0,0008
Большие Уки	1973 – 2004 гг.	18,05	5,86	5,01	-2,09	-0,008
Омск	1936 – 2006 гг.	6,51	9,82	0,85	-0,03	0,005
	1973 – 2004 гг.	8,43	0,03	0,43	-0,48	-0,0005
Исилькуль	1973 – 2004 гг.	7,96	-3,61	-3,44	-1,38	-0,006
Калачинск	1974 – 2004 гг.	9,73	-17,64	-12,66	-7,58	-0,04
Полтавка	1936 – 2006 гг.	7,89	2,96	-3,29	-1,60	-0,003
	1973 – 2004 гг.	5,67	7,02	5,69	-0,30	0,004
Русская Поляна	1973 – 2004 гг.	7,25	13,62	8,46	3,27	0,0013

\* Zm – водный эквивалент теплоэнергетических ресурсов испарения, KX – сумма атмосферных осадков, Z – испарение, Y – сток, KX/Zm – коэффициент атмосферного увлажнения

лишь позволяют делать вывод о его возможных колебаниях, скорее всего естественного характера. Но даже при очень большой длине выборки возникает неопределенность поведения линии тренда, поскольку место выборки на фоне генеральной совокупности не определено.

**Заключение.** По нашему мнению, наблюдаемая в последние десятилетия растущая ветвь климатического циклического колебания, приводящая к некоторому смещению границ агроклиматических зон, показывает вариации элементов климата в пределах статистики метеонаблюдений с учетом точности измерений и не вызвала пока смещения ландшафтных границ и масштабной трансформации природных систем, одним из ведущих динамических компонентов которых является климат.

Совместный анализ полученных трендов характеристик увлажнения, теплообеспеченности и графика роста урожайности зерновых культур в определенной степени свидетельствует о положительном влиянии увеличения тепловых ресурсов на процесс увеличения биопродуктивности зерновых культур (рис. 3). Выполненные исследования свидетельствуют о наличии в южной части Западной Сибири есте-

ственных условий для устойчивого развития сельскохозяйственного производства даже при современных климатических тенденциях.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Груза, Г.В. Обнаружение изменений климата: состояние, изменчивость и экстремальность климата / Г.В. Груза, Э.Я. Ранькова // Метеорология и гидрология. – 2004. – № 4. – С. 50–66.
2. Мезенцев, В.С. Гидролого-климатические основы проектирования гидромелиораций / В.С. Мезенцев. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 1993. – 128 с.
3. Мезенцева, О.В. Пространственно-временная динамика элементов водного баланса и характеристик увлажнения на юге Западной Сибири / О.В. Мезенцева // Вестник ТюмГУ. – 2008. – № 3. – С. 251–260.
4. Березин, Л.В. Научные основы земледелия равнинных ландшафтов Западной Сибири / Л.В. Березин [и др.]; под ред. И.Ф. Храпцова. – Омск: Изд-во ОмГАУ. – 2008. – 374 с.
5. Карнацевич, И.В. Возобновляемые ресурсы тепловлагообеспеченности Западно-Сибирской равнины и динамика их характеристик / И.В. Карнацевич, О.В. Мезенцева [и др.]; под общ. ред. О.В. Мезенцевой. – Омск: Изд. ОмГАУ. – 2007. – 270 с.

Материал поступил в редакцию 28.02.09

**MEZENTSEVA O.V. Spatial - temporary variability of the natural humidifying characteristics of Western Siberia and questions of stability of development of an agriculture**

In article the absence of authentic climatic tendencies of factor of humidifying is revealed, are received various directions of linear tendencies of the characteristics of natural humidifying, which entitle to doubt in the orientation of last decades climatic process. The joint analysis of received tendencies of humidifying and diagram of growth of grain cultures productivity in the certain degree testifies to positive influence of increase of thermal resources to process of increase of grain cultures bioefficiency.

УДК 551.58:556.1(571.1)

**Карнацевич И.В., Мезенцева О.В.**

**КОНСТАНТЫ ВАЖНЕЙШИХ ГИДРОЛОГО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ИХ КРИТИЧЕСКИЕ ЗНАЧЕНИЯ**

**Введение.** Важнейшими возобновляемыми ресурсными гидролого-климатическими характеристиками являются теплоэнергетические ресурсы климата, определяемые приходом солнечной энергии к поверхности водосборов, и влагоресурсы – атмосферные осадки и речной сток. При картографическом анализе материалов измерений, выполняемых на сотнях метеорологических станций и гидрологических постов, при пространственном сопоставлении результатов расчета в метеорологии и гидрологии рассматриваются поля физических величин – метеорологических элементов и элементов водного и теплового балансов: температур воздуха и почвы, атмосферных осадков, стока, суммарного испарения, общего увлажнения, испарения с водной поверхности, влажности почвогрунтов, коэффициента увлажнения и т.д. Рассмотрим шкалы важнейших, на наш взгляд, величин и покажем, что в самом начале этих шкал объективно существуют критические значения, которые следует считать гидролого-климатическими константами.

**Основные понятия.** Годовая норма атмосферных осадков, или общее атмосферное увлажнение территории, обозначаемое символом  $X$ , измеряемое в миллиметрах слоя воды за год. Шкала этой величины (рис. 1) для всего земного шара может быть представлена в диапазоне значений от 0 мм/год (такова, например, годовая сумма осадков в Нубийской пустыне в течение нескольких лет подряд) до 12 000 мм/год на южных склонах Гималаев (метеостанция Черрапунджи). Шкала осадков, как видим, описывает все существующие уровни естествен-

ного увлажнения на планете, однако среди множества значений шкалы  $X$  можно наметить три особенно важных, с точки зрения ландшафтоведения и земледелия, значения:  $X_1 \approx 50$  мм/год,  $X_2 \approx 500$  мм/год и  $X_3 \approx 700$  мм/год. Первая метка годовых осадков соответствует изогиете, которая разделяет на картах континентов области пустынь и полупустынь от областей, где без ирригации можно вести примитивное сельское хозяйство (растениеводство). Вторая – обозначает границу областей избыточного и недостаточного увлажнения, третья – нижнюю границу естественного увлажнения, при котором без орошения ежегодно получают большие урожаи культурных растений. Можно в будущем уточнить значения этих критериальных значений осадков, но важно то, что все эти метки шкалы оказываются близки к началу шкалы, а далее вправо простирается широкий диапазон реализаций значений признака (от 700 мм до 12 000 мм), в котором отсутствуют подобные характерные значения.

На картах нормы годового стока континентов удельное значение водных ресурсов выражают или в высоте слоя стока  $Y$ , мм/год, или в единицах модуля  $M$ , л/(с·км<sup>2</sup>), причем  $Y = 31,54 \cdot M$ . На рис. 1 показан диапазон шкалы нормы годового стока для всей Земли – от 0 до 8000 мм/год. На шкале нормы стока можно уверенно наметить объективно существующее критическое значение стоковой константы  $Y_0 = 30-45$  мм/год – значение, соответствующее местоположению на гидрографических картах геометрического места точек (узких полос), где исчезают постоянные водотоки, создаваемые местным стоком, и появляются временные водотоки, обозначаемые обычно прерыви-

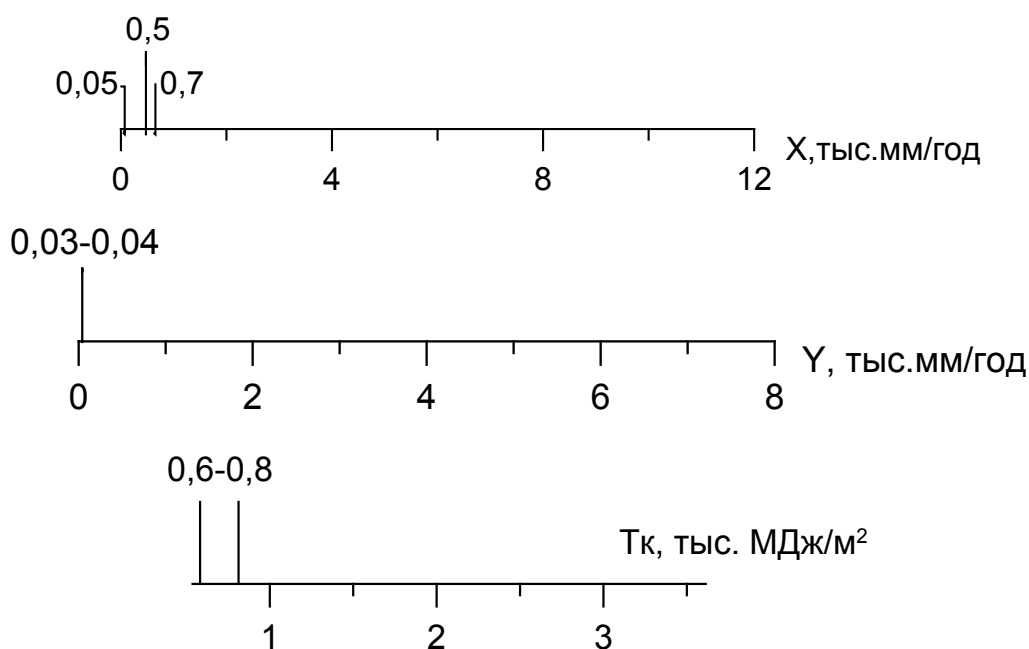


Рис. 1. Шкалы важнейших ресурсных гидролого-климатических величин и метки их критериальных значений

**Карнацевич Игорь Владиславович**, д.г.н., профессор кафедры физической географии Омского государственного педагогического университета.

.Россия, ОмГПУ, 644099, г. Омск, Набережная Тухачевского, 14.