

## Долговременные изменения влажностного режима пограничного слоя атмосферы над территорией Сибири. Часть 2. Изменение среднесезонной влажности

В.С. Комаров, Н.Я. Ломакина, С.Н. Ильин, Д.П. Нахтигалова\*

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН  
634021, г. Томск, пл. Академика Зуева, 1*

Поступила в редакцию 27.02.2012 г.

Представлены результаты исследования трендов долговременных изменений среднесезонной влажности воздуха в пограничном слое атмосферы Сибирского региона за последние 30 лет (1981–2010 гг.), оцененных для зимы, весны, лета и осени по данным наблюдений на 25 аэрологических станциях. Установлено, что изменения среднесезонной влажности, наблюдаемые в пограничном слое атмосферы над территорией Сибири в последнее тридцатилетие, зависят от географического положения станции и имеют в различные сезоны разный вклад в долговременные колебания среднегодовой влажности: если зимой и в меньшей степени летом (только в субполярной и умеренной зонах Западной Сибири) преобладают отрицательные тренды, обуславливающие понижение среднегодовой влажности во всем пограничном слое атмосферы, то весной и осенью для всего региона характерны положительные тренды, обеспечивающие, наоборот, ее заметное повышение. Показано также, что в последнее десятилетие (2001–2010 гг.) в пограничном слое атмосферы над большей частью территории Сибирского региона и во все сезоны, особенно в зимний период, наблюдалось повсеместное понижение среднесезонной влажности воздуха. Лишь в полярных районах Сибирского региона (во все сезоны) и в субполярной зоне Восточной Сибири (весной, летом и осенью) преобладало повышение среднесезонной влажности воздуха, причем на всех высотах пограничного слоя атмосферы.

*Ключевые слова:* долговременные изменения, линейные тренды, среднесезонная влажность воздуха, пограничный слой атмосферы, регион Сибири; long-term changes, linear trends, average seasonal air humidity, the atmospheric boundary layer, Siberian region.

### Введение

Водяной пар (или влажность воздуха) как главный парниковый газ играет важную роль в формировании климата (в том числе климата пограничного слоя атмосферы) и является одним из основных индикаторов его многолетних изменений. Однако изучению долговременных колебаний содержания водяного пара в пограничном слое атмосферы (ПСА) над такой малоосвоенной территорией, как Сибирь, долгое время не уделялось никакого внимания. Лишь в самые последние годы в Институте оптики атмосферы СО РАН начали проводиться соответствующие исследования, первые результаты которых опубликованы в [1].

Результатом наших дальнейших исследований по проблеме долговременных изменений режима влажности пограничного слоя атмосферы над территорией Сибири стала настоящая статья, состоящая из двух частей. В первой ее части [2] рассмотрены особенности долговременных (с 1981 по 2010 г.)

изменений среднегодового содержания водяного пара. Установлено, что характер этих изменений в значительной степени зависит от географического положения станции: если в полярных районах всего региона (к северу от 70-й параллели) и в субполярной зоне (60–70° с.ш.), но только Восточной Сибири, за последние 30 лет отмечалось повышение среднегодовой влажности воздуха, то в той же зоне Западной Сибири и в умеренных широтах всей территории Сибири преобладало ее понижение. К тому же в последнее десятилетие (2001–2010 гг.) над большей частью территории Сибири и во всем пограничном слое атмосферы преобладало заметное уменьшение среднегодового содержания водяного пара.

Однако, несмотря на полученные в [2] интересные результаты, они будут неполными, если наряду с изменением среднегодовой влажности не рассмотреть долговременные колебания среднесезонного содержания водяного пара.

Учитывая это, во второй части настоящей статьи и будут рассмотрены результаты исследования особенностей долговременного изменения среднесезонной влажности воздуха, характерных для пограничного слоя атмосферы Сибирского региона.

\* Валерий Сергеевич Комаров (gfm@iao.ru); Наталья Яковлевна Ломакина (lnya@iao.ru); Сергей Николаевич Ильин; Дарья Петровна Нахтигалова.

## 1. Некоторые методические аспекты обработки данных

Как и в случае со среднегодовой температурой, основным исходным материалом для получения массивов среднесезонной влажности воздуха и анализа ее долговременных изменений в пограничном слое атмосферы над территорией Сибири послужили многолетние (1973–2010 гг.) и двухсрочные (00 и 12 ч GMT) наблюдения на 25 аэрологических станциях (их перечень дается в [2]), приведенные с помощью процедуры линейной интерполяции к системе заданных геометрических высот – 0, 400, 800 и 1600 м, причем она была реализована с использованием данных главных изобарических поверхностей: 1000, 925, 850 и 700 гПа и урвней особых точек. Поскольку содержание водяного пара в атмосфере воздуха мы будем характеризовать таким показателем, как массовая доля водяного пара  $q$  (%), и этот показатель не измеряется, то он был рассчитан по данным точки росы  $T_d$  (°C) с помощью методики, приведенной в [3].

Что касается самого анализа долговременных изменений среднесезонной влажности воздуха, то он проводился с использованием тех же, что и для среднегодовой влажности, параметров, а именно: ее аномалий  $\Delta\bar{q}$ , рассчитанных от нормы за период

1973–1980 гг., линейных трендов и интенсивностей изменения влажности (%/10 лет), оцененных для всего тридцатилетия (1981–2010 гг.) и последнего десятилетия (2001–2010 гг.), когда проявилась заметная тенденция к ослаблению глобального потепления [4, 5].

## 2. Изменение среднесезонной влажности воздуха за последние 30 лет

Рассмотрим вначале данные об особенностях долговременных изменений среднесезонной влажности воздуха за 1981–2010 гг., оцененных для пограничного слоя атмосферы Сибирского региона и четырех сезонов (зимы, весны, лета и осени). На рис. 1–4 в качестве примера показаны тридцатилетние изменения аномалий среднесезонной влажности воздуха и их линейные тренды на уровне земли и высоте 800 м для четырех типичных аэрологических станций (Диксон, Якутск, Омск и Чита). В табл. 1 и 2 для всех рассматриваемых станций Сибири и всех высотных уровней (0, 400, 800, 1600 м) приведены значения интенсивностей изменения среднесезонного содержания водяного пара (%/10 лет) за последние 30 лет.

Таблица 1

Интенсивности изменения среднесезонной влажности воздуха (%/10 лет) в пограничном слое атмосферы Сибирского региона за 1981–2010 гг. Зима и весна

Станция	Зима				Весна			
	Высота, м				Высота, м			
	0	400	800	1600	0	400	800	1600
<i>Западная Сибирь</i>								
Полярные широты (70–75° с.ш.)								
Диксон	0,01	0,01	0,02	0,01	0,04	0,03	0,03	0,02
Субполярные широты (60–70° с.ш.)								
Салехард	–0,04	–0,02	–0,03	–0,03	0,05	0,01	0,00	0,00
Туруханск	–0,09	–0,06	–0,05	–0,07	0,02	0,01	0,01	0,01
Александровское	–0,12	–0,10	–0,09	–0,08	0,07	0,03	0,01	0,01
Бор	–0,07	–0,06	–0,05	–0,06	0,02	0,03	0,02	0,01
Умеренные широты (50–60° с.ш.)								
Верхнее Дуброво	–0,07	–0,03	–0,03	–0,02	0,08	0,05	0,05	0,06
Тобольск	–0,12	–0,08	–0,08	–0,08	0,08	0,01	0,02	0,01
Омск	–0,04	–0,03	–0,04	–0,05	0,07	0,04	0,01	0,03
Новосибирск	–0,03	–0,03	–0,03	–0,05	0,12	0,04	0,01	0,01
Енисейск	–0,06	–0,04	–0,05	–0,06	0,01	0,04	0,03	0,02
<i>Восточная Сибирь</i>								
Полярные широты (70–75° с.ш.)								
Хатанга	–0,02	–0,01	–0,00	–0,01	0,07	0,07	0,05	0,04
Тикси	–0,01	–0,01	–0,01	–0,01	0,08	0,06	0,06	0,04
Субполярные широты (60–70° с.ш.)								
Тура	–0,08	–0,10	–0,09	–0,11	0,01	0,05	0,05	0,03
Оленек	–0,08	–0,09	–0,05	–0,04	0,02	0,04	0,04	0,03
Жиганск	–0,01	–0,04	–0,02	–0,01	0,06	0,01	0,01	0,02
Якутск	–0,04	–0,03	–0,04	–0,02	0,09	0,08	0,07	0,06
Олекминск	–0,02	–0,04	–0,02	–0,04	0,04	0,01	0,02	0,02
Верхоянск	–0,01	–0,07	–0,09	–0,08	0,02	0,03	0,02	0,01
Вилюйск	–0,01	–0,02	–0,01	–0,02	0,01	0,02	0,05	0,04
Ванавара	–0,11	–0,07	–0,09	–0,04	0,05	0,05	0,01	0,01
Киренск	–0,04	–0,05	–0,03	–0,02	–0,06	–0,02	–0,01	–0,02
Чара	–0,03	–0,05	–0,04	–0,07	–0,01	–0,04	–0,04	–0,03
Нижнеудинск	–0,04	–0,04	–0,06	–0,06	–0,01	–0,04	–0,04	–0,02
Багдарин	–0,06	–0,05	–0,06	–0,05	–0,04	–0,03	–0,03	–0,01
Чита	–0,01	–0,02	–0,02	–0,02	–0,04	–0,02	–0,01	–0,02

Таблица 2

**Интенсивности изменения среднесезонной влажности воздуха (‰/10 лет)  
в пограничном слое атмосферы Сибирского региона за 1981–2010 гг. Лето и осень**

Станция	Лето				Осень			
	Высота, м				Высота, м			
	0	400	800	1600	0	400	800	1600
<i>Западная Сибирь</i>								
Полярные широты (70–75° с.ш.)								
Диксон	0,13	0,05	0,02	0,01	0,10	0,09	0,06	0,03
Субполярные широты (60–70° с.ш.)								
Салехард	0,25	–0,10	–0,15	–0,16	0,07	0,04	0,01	0,01
Туруханск	0,25	–0,09	–0,03	–0,02	0,08	0,04	0,01	–0,01
Александровское	–0,05	–0,05	–0,07	–0,01	0,17	0,12	0,10	0,07
Бор	–0,12	–0,07	–0,14	–0,12	0,14	0,08	0,07	0,02
Умеренные широты (50–60° с.ш.)								
Верхнее Дуброво	–0,01	–0,12	–0,02	–0,03	0,15	0,12	0,12	0,09
Тобольск	–0,06	–0,15	–0,23	–0,16	0,14	0,13	0,10	0,08
Омск	–0,08	–0,11	–0,11	–0,08	0,04	0,05	0,02	0,05
Новосибирск	–0,13	–0,02	–0,01	–0,01	0,14	0,08	0,04	0,01
Енисейск	–0,23	–0,15	–0,12	–0,13	0,13	0,14	0,11	0,07
<i>Восточная Сибирь</i>								
Полярные широты (70–75° с.ш.)								
Хатанга	0,12	0,01	0,00	0,01	0,06	0,05	0,04	0,01
Тикси	0,25	0,22	0,20	0,21	0,08	0,08	0,06	0,04
Субполярные широты (60–70° с.ш.)								
Тура	0,24	0,08	0,01	0,04	0,14	0,07	0,04	0,03
Оленек	0,26	0,21	0,16	0,14	0,02	0,04	0,02	0,01
Жиганск	0,34	0,20	0,16	0,15	0,09	0,09	0,07	0,06
Якутск	0,34	0,19	0,14	0,16	0,10	0,09	0,09	0,07
Олекминск	0,35	0,13	0,06	0,07	0,09	0,07	0,04	0,03
Верхоянск	0,37	0,22	0,18	0,16	0,01	0,01	0,02	0,02
Вилуйск	0,06	0,05	0,07	0,01	0,11	0,05	0,04	0,01
Ванавара	0,25	0,26	0,21	0,17	0,12	0,08	0,05	0,04
Умеренные широты (50–60° с.ш.)								
Киренск	0,47	0,09	0,08	0,11	0,08	0,05	0,06	0,04
Чара	0,23	0,10	0,07	0,02	0,02	0,02	0,00	0,01
Нижнеудинск	0,21	0,12	0,09	0,06	0,05	0,02	0,01	0,01
Багдарин	0,17	0,03	0,08	0,03	0,08	0,03	0,03	0,03
Чита	0,03	0,05	0,09	0,01	0,03	0,01	0,02	0,02

Анализ рис. 1–4, табл. 1 и 2 показывает следующее.

– Зимой над всей территорией Сибири и во всем пограничном слое атмосферы преобладают существенные (до  $-0,08 \div -0,12\%$ /10 лет) отрицательные тренды среднесезонной влажности воздуха. Лишь в полярной зоне Западной Сибири (к северу от 70° с.ш.) преобладают положительные, однако очень незначительные по своей величине (порядка  $0,01-0,02\%$ /10 лет), линейные тренды изменения среднесезонной влажности воздуха.

– Весной во всем пограничном слое атмосферы и почти над всей территорией Сибирского региона преобладает увеличение среднесезонной влажности, хотя оно не столь интенсивное (в основном менее  $0,05\%$ /10 лет). Лишь в умеренных широтах Восточной Сибири наблюдаются незначительные по величине отрицательные тренды (не более  $-0,04\%$ /10 лет).

– Летом отмечается иной характер в пространственном распределении трендов долговременного

изменения среднесезонной влажности: если в полярной зоне всего Сибирского региона и во всем пограничном слое атмосферы преобладают положительные тренды, то южнее 70-й параллели в Западной Сибири отмечаются отрицательные тренды (исключая лишь станции Салехард и Туруханск, да и то только вблизи земной поверхности), достигающие в ряде случаев  $-0,15 \div -0,20\%$ /10 лет, а в Восточной Сибири – положительные, интенсивность которых здесь может быть равной  $0,20-0,35\%$ /10 лет.

– Осенью во всем пограничном слое атмосферы и над всей территорией Сибирского региона преобладает увеличение среднесезонного содержания водяного пара, интенсивность которого на отдельных станциях и высотных уровнях достигает  $0,10-0,15\%$ /10 лет.

Таковы основные результаты анализа долговременных изменений среднесезонного содержания водяного пара, наблюдаемых за последние 30 лет и характерных для пограничного слоя атмосферы Сибирского региона.

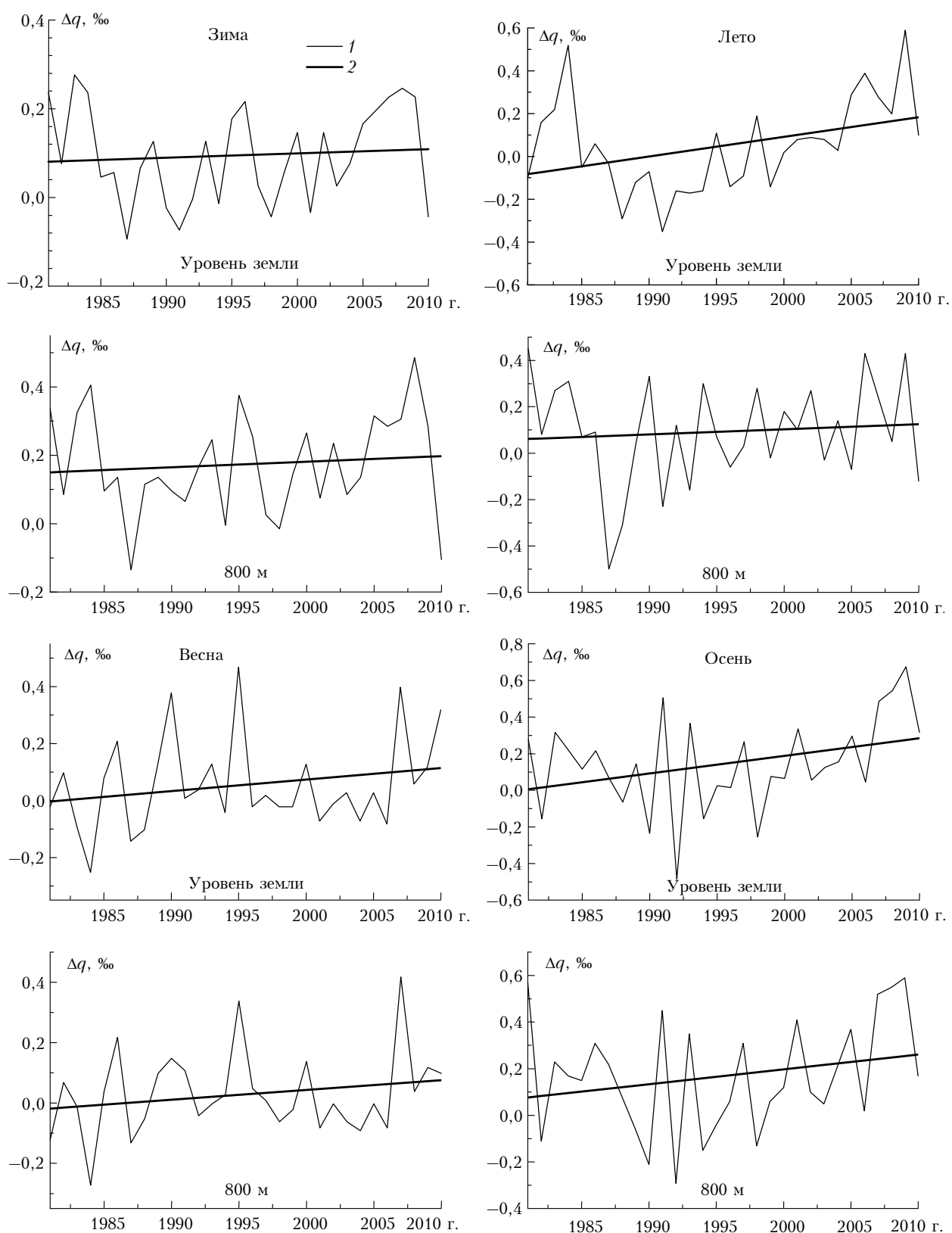


Рис. 1. Долгопериодные изменения аномалий среднесезонного содержания водяного пара (1) и их линейных трендов (2) на уровне земли и высоте 800 м для ст. Диксон

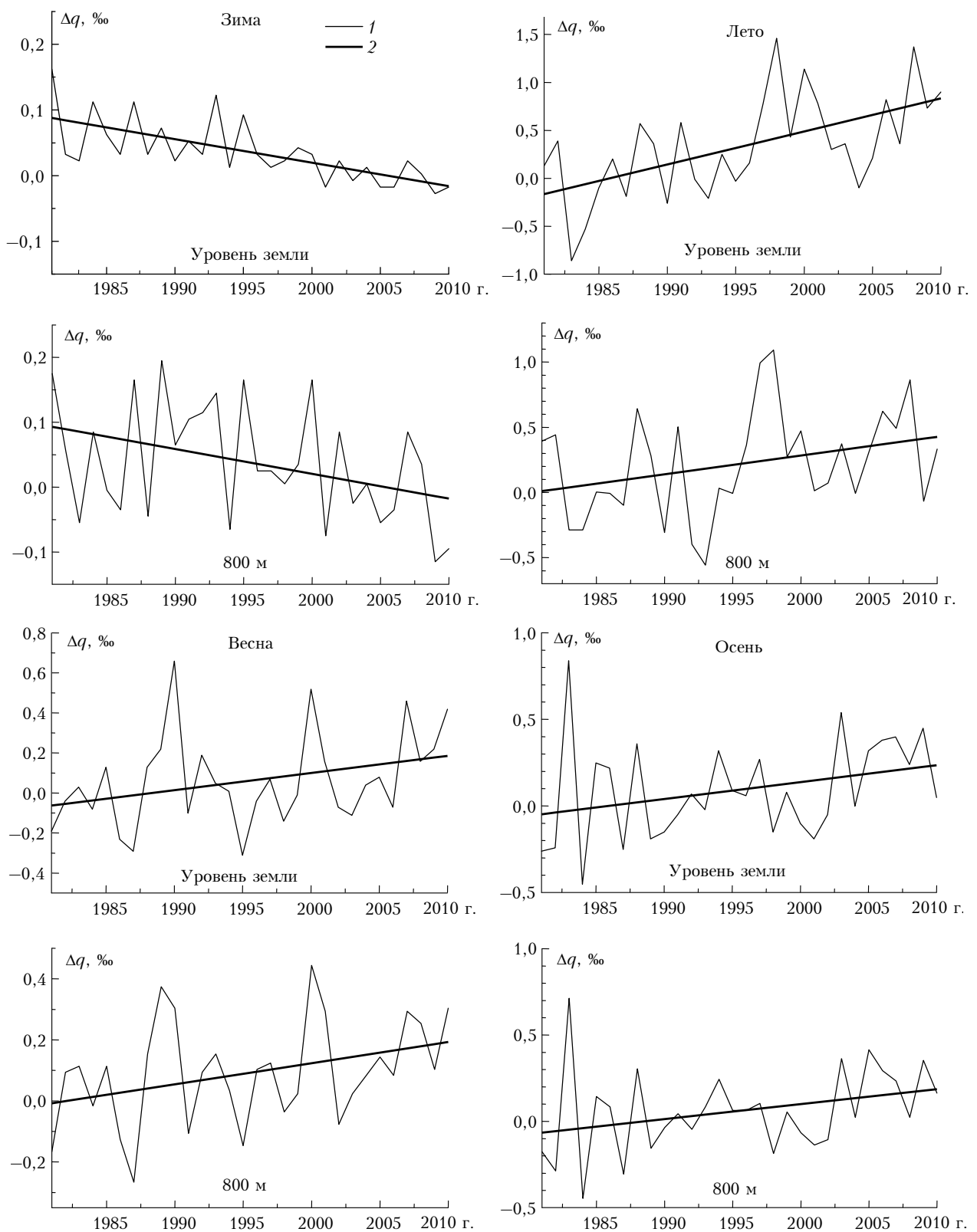


Рис. 2. Долгопериодные изменения аномалий среднесезонного содержания водяного пара (1) и их линейных трендов (2) на уровне земли и высоте 800 м для ст. Якутск

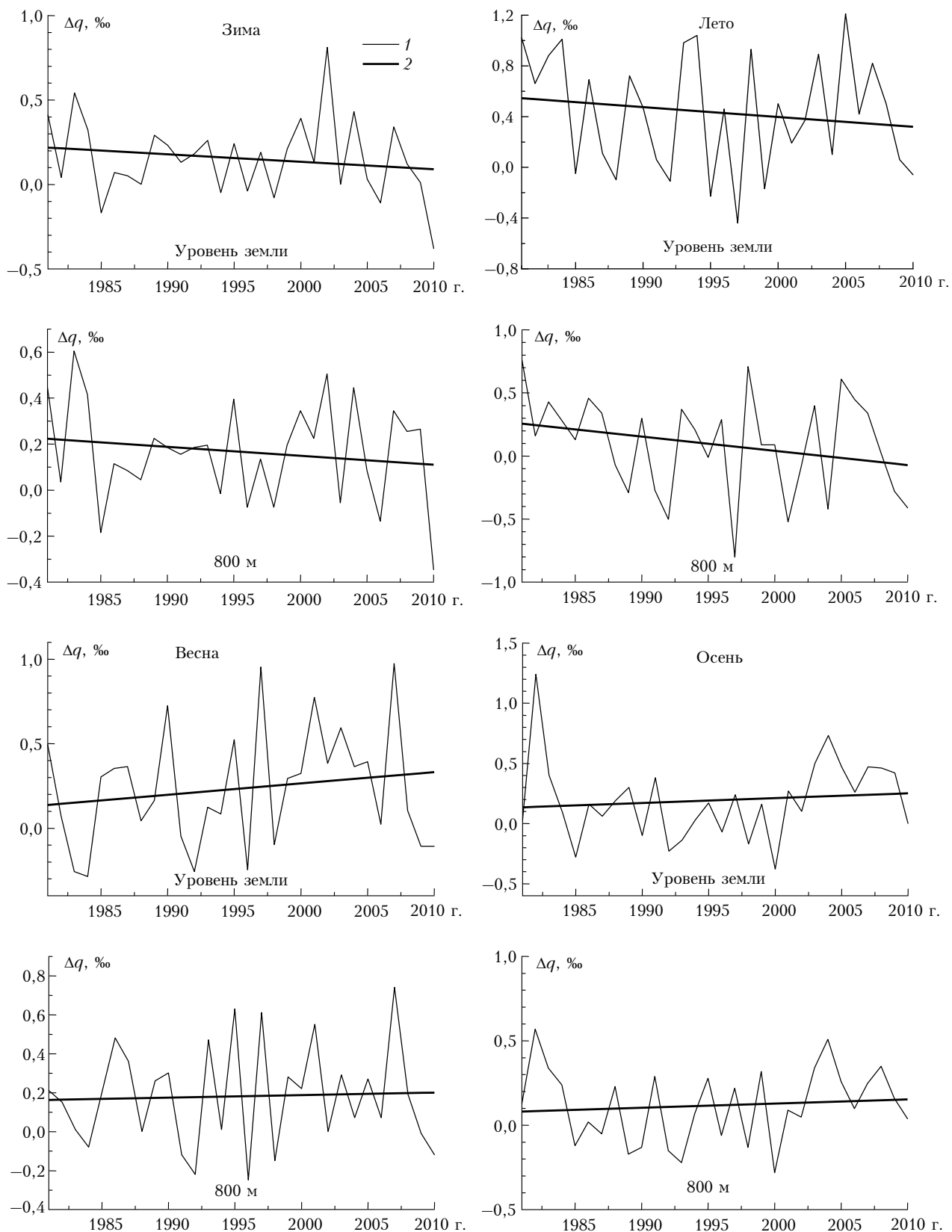


Рис. 3. Долгопериодные изменения аномалий среднесезонного содержания водяного пара (1) и их линейных трендов (2) на уровне земли и высоте 800 м для ст. Омск

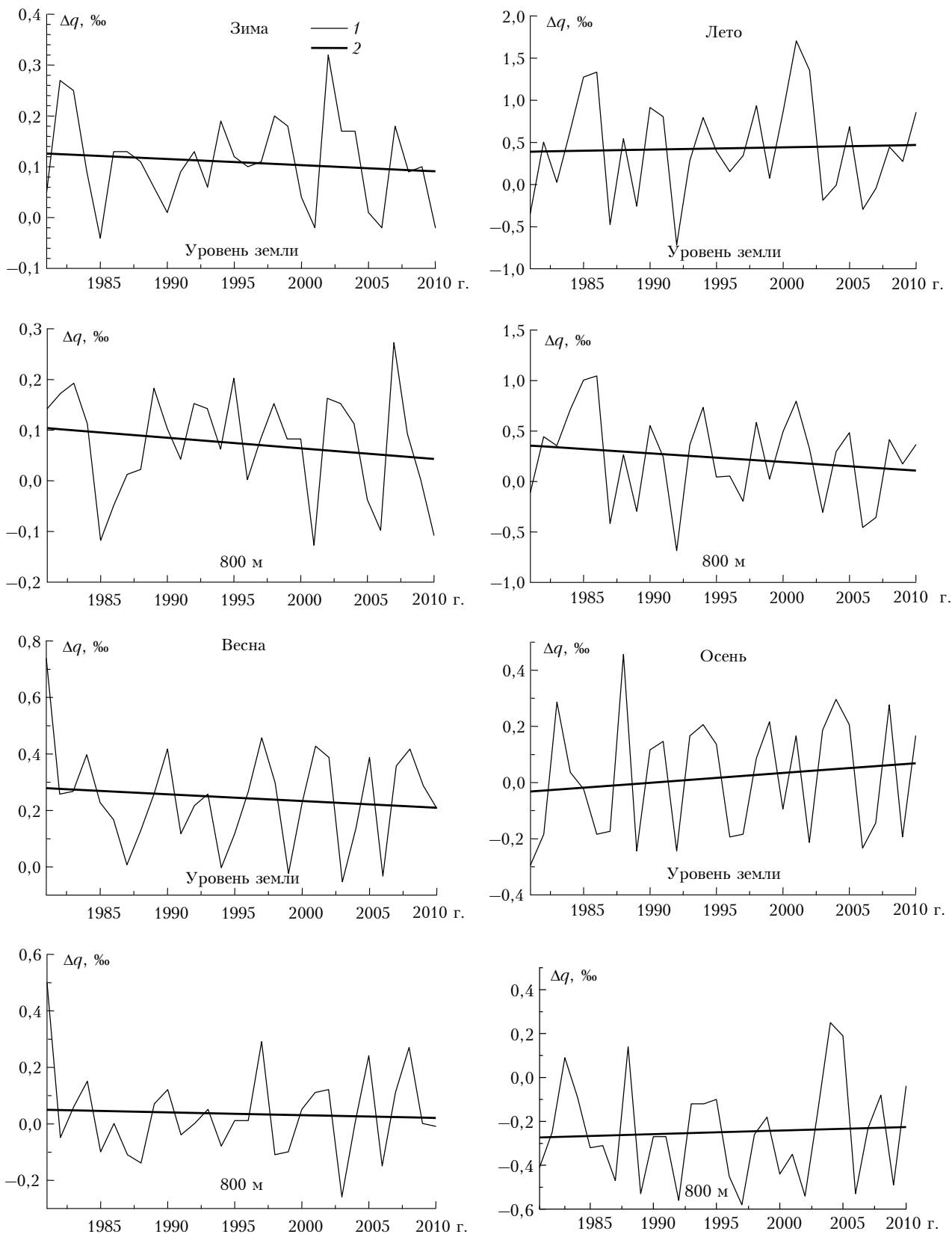


Рис. 4. Долгопериодные изменения аномалий среднесезонного содержания водяного пара (1) и их линейных трендов (2) на уровне земли и высоте 800 м для ст. Чита

### 3. Изменение среднесезонной влажности в последнем десятилетии

Поскольку начиная с 2006 г. четко проявилась тенденция понижения температуры, охватившая более половины Северного полушария [4, 5], представляет большой интерес рассмотреть влияние этого понижения на изменение среднесезонной влажности, которое будет иметь место в пограничном слое атмосферы Сибирского региона. В связи с этим воспользуемся табл. 3 и 4, содержащими сведения об интенсивности изменения среднесезонного содержания водяного пара (%/10 лет) в ПСА Сибири в разные сезоны последнего десятилетия (2001–2010 гг.).

Из анализа табл. 3 и 4 следует:

1. Зимой в последние 10 лет почти над всей территорией Сибирского региона и во всем пограничном слое атмосферы преобладало заметное понижение среднесезонной влажности с максимумом его интенсивности (порядка  $-0,20 \div -0,40\%/10$  лет) в умеренной зоне Западной Сибири. Лишь в полярных широтах исследуемого региона наблюдается повышение влажности воздуха, однако оно не столь значительное (не более  $0,07-0,10\%/10$  лет).

2. Весной пространственное распределение областей повышения и понижения среднесезонной

влажности имеет несколько иные особенности. Если в пограничном слое атмосферы полярных широт всего региона (к северу от  $70^\circ$  с.ш.), а также в субполярной зоне ( $60-70^\circ$  с.ш.), но только в пределах Восточной Сибири, отмечается существенное повышение среднесезонной влажности воздуха (в ряде случаев до  $0,40-0,60\%/10$  лет), то над всей территорией Западной Сибири (к югу от  $70$ -й параллели) и в умеренных широтах Восточной Сибири ( $50-60^\circ$  с.ш.) во всем ПСА наблюдается ее понижение. При этом наиболее ярко оно проявляется над территорией Западной Сибири, достигая здесь на некоторых станциях, но только вблизи земной поверхности,  $-0,50 \div -0,70\%/10$  лет.

3. Летом в последнем десятилетии почти над всей территорией Сибирского региона, исключая его полярные широты и субполярную зону Восточной Сибири, и во всем пограничном слое атмосферы преобладает существенное понижение среднесезонной влажности воздуха, причем максимум ее интенсивности (до  $-0,70 \div -1,00\%/10$  лет) наблюдается в субполярной зоне Западной Сибири. Что касается полярной зоны всего региона и субполярных широт Восточной Сибири, то здесь отмечается значительное (в некоторых случаях до  $0,80-1,20\%/10$  лет) повышение среднесезонной влажности воздуха.

Таблица 3

Интенсивности изменения среднесезонной влажности воздуха (%/10 лет) в пограничном слое атмосферы Сибирского региона за 2001–2010 гг. Зима и весна

Станция	Зима				Весна			
	Высота, м				Высота, м			
	0	400	800	1600	0	400	800	1600
<i>Западная Сибирь</i>								
Полярные широты ( $70-75^\circ$ с.ш.)								
Диксон	0,10	0,06	0,07	0,01	0,36	0,30	0,27	0,14
Субполярные широты ( $60-70^\circ$ с.ш.)								
Салехард	0,11	0,22	0,19	0,06	-0,04	-0,02	-0,02	-0,05
Туруханск	-0,03	-0,01	-0,01	-0,02	-0,05	-0,09	-0,04	-0,10
Александровское	-0,19	-0,19	-0,15	-0,13	-0,08	-0,13	-0,13	-0,17
Бор	-0,11	-0,14	-0,11	-0,08	-0,08	-0,13	-0,16	-0,18
Умеренные широты ( $50-60^\circ$ с.ш.)								
Верхнее Дуброво	-0,39	-0,29	-0,28	-0,23	-0,23	-0,23	-0,26	-0,10
Тобольск	-0,20	-0,25	-0,23	-0,24	-0,52	-0,16	-0,22	-0,08
Омск	-0,61	-0,34	-0,35	-0,36	-0,75	-0,39	-0,29	-0,24
Новосибирск	-0,32	-0,22	-0,15	-0,16	-0,37	-0,17	-0,19	-0,19
Енисейск	-0,15	-0,21	-0,18	-0,13	-0,17	-0,19	-0,14	-0,14
<i>Восточная Сибирь</i>								
Полярные широты ( $70-75^\circ$ с.ш.)								
Хатанга	0,00	0,02	0,02	0,02	0,51	0,30	0,19	0,06
Тикси	0,04	0,05	0,07	0,06	0,36	0,36	0,39	0,32
Субполярные широты ( $60-70^\circ$ с.ш.)								
Тура	-0,02	-0,10	-0,09	-0,04	-0,11	-0,12	-0,09	-0,06
Оленек	-0,01	-0,03	-0,06	-0,05	0,05	0,08	0,09	0,04
Жиганск	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,29	0,16	0,11	0,06
Якутск	-0,01	-0,05	-0,06	-0,01	0,41	0,25	0,19	0,14
Олекминск	-0,04	-0,08	-0,03	-0,03	0,07	0,14	0,24	0,24
Верхоянск	-0,03	-0,02	-0,02	-0,01	0,52	0,61	0,56	0,46
Вилуйск	-0,03	-0,01	-0,04	-0,03	0,22	0,08	-0,02	0,01
Ванавара	-0,05	-0,09	-0,29	-0,02	-0,11	-0,03	-0,10	-0,09
Умеренные широты ( $50-60^\circ$ с.ш.)								
Киренск	-0,13	-0,14	-0,08	-0,05	-0,28	-0,20	-0,14	-0,16
Чара	-0,01	-0,02	-0,01	-0,02	-0,06	-0,02	-0,02	-0,02
Нижнеудинск	-0,14	-0,27	-0,21	-0,15	-0,05	-0,04	-0,03	-0,04
Багдарин	-0,02	-0,01	-0,05	-0,02	-0,10	-0,02	-0,01	-0,01
Чита	-0,12	-0,14	-0,05	-0,01	-0,15	-0,05	-0,01	-0,04



Таблица 4

**Интенсивности изменения среднесезонной влажности воздуха (‰/10 лет)  
в пограничном слое атмосферы Сибирского региона за 2001–2010 гг. Лето и осень**

Станция	Лето				Осень			
	Высота, м				Высота, м			
	0	400	800	1600	0	400	800	1600
<i>Западная Сибирь</i>								
Полярные широты (70–75° с.ш.)								
Диксон	0,49	0,22	0,18	0,04	0,42	0,28	0,26	0,24
Субполярные широты (60–70° с.ш.)								
Салехард	–0,45	–0,42	–0,42	–0,39	0,41	0,44	0,43	0,52
Туруханск	–0,08	–0,70	–0,59	–0,61	0,63	0,48	0,38	0,29
Александровское	–0,26	–0,33	–0,29	–0,09	0,24	0,24	0,20	0,02
Бор	–0,98	–0,54	–0,44	–0,25	0,57	0,26	0,23	0,14
Умеренные широты (50–60° с.ш.)								
Верхнее Дуброво	–0,16	–0,45	–0,51	–0,55	–0,18	–0,11	–0,16	–0,23
Тобольск	–0,52	–0,19	–0,06	–0,10	–0,17	–0,02	–0,15	–0,13
Омск	–0,44	–0,28	–0,01	–0,23	–0,08	–0,01	–0,03	–0,09
Новосибирск	–0,07	–0,24	–0,18	–0,14	–0,12	–0,11	–0,09	–0,07
Енисейск	–0,70	–0,19	–0,17	–0,03	0,42	0,31	0,30	0,31
<i>Восточная Сибирь</i>								
Полярные широты (70–75° с.ш.)								
Хатанга	0,66	0,06	0,06	0,10	0,26	0,25	0,19	0,10
Тикси	0,01	0,89	0,67	0,53	0,34	0,38	0,30	0,17
Субполярные широты (60–70° с.ш.)								
Тура	0,09	0,05	0,01	0,04	0,25	0,16	0,13	0,15
Оленек	0,10	0,02	0,06	0,07	0,23	0,19	0,12	0,04
Жиганск	0,72	0,67	0,63	0,49	0,23	0,22	0,19	0,20
Якутск	0,67	0,35	0,37	0,32	0,33	0,25	0,29	0,21
Олекминск	0,12	0,51	0,58	0,59	0,30	0,30	0,21	0,08
Верхоянск	0,96	0,79	0,64	0,46	0,37	0,20	0,18	0,13
Вилуйск	0,95	0,35	0,22	0,11	0,35	0,03	0,14	0,19
Ванавара	1,20	0,44	0,26	0,17	0,34	0,12	0,03	0,07
Умеренные широты (50–60° с.ш.)								
Киренск	–1,13	–0,90	–0,68	–0,38	–0,14	–0,33	–0,35	–0,26
Чара	–0,21	–0,13	–0,17	–0,16	–0,05	–0,02	–0,03	–0,04
Нижнеудинск	–0,10	–0,14	–0,06	–0,09	–0,23	–0,18	–0,19	–0,19
Багдарин	–0,52	–0,18	–0,21	–0,09	–0,20	–0,25	–0,21	–0,20
Чита	–0,80	–0,32	–0,26	–0,15	–0,07	–0,02	–0,08	–0,07

4. Осенью над большей частью Сибирского региона, исключая лишь его умеренные широты (50–60° с.ш.), преобладало заметное повышение влажности воздуха, интенсивность которого во всем пограничном слое атмосферы составляла в основном от 0,20 до 0,50‰/10 лет. В то же время в умеренных широтах Сибири среднесезонная влажность воздуха в последнем десятилетии повсеместно снижалась, однако с незначительной интенсивностью (не более чем  $-0,20 \div -0,25\text{‰}/10$  лет).

### Заклучение

Таким образом, проведенный анализ показал, что различные по знаку тренды изменения среднесезонной влажности, наблюдаемые в отдельных сезонах и районах Сибири, заметным образом уменьшают общую интенсивность тридцатилетнего повышения ее среднегодовых значений, которое было бы заметно большим при преобладании только положительных трендов. Наиболее ярко эта особен-

ность проявилась в 2001–2010 гг., когда во всем пограничном слое атмосферы Сибирского региона отмечалось наибольшее ослабление темпов роста (или даже понижение) среднесезонного содержания водяного пара.

1. Комаров В.С., Ломакина Н.Я., Лавриненко А.В., Ильин С.Н. Изменения климатов пограничного слоя атмосферы Сибири в период глобального потепления. Часть 2. Аномалии и тренды влажности воздуха // Оптика атмосфер. и океана. 2010. Т. 23, № 11. С. 951–956.
2. Комаров В.С., Ломакина Н.Я., Ильин С.Н., Лавриненко А.В., Нахтигалова Д.П., Горев Е.В. Долговременные изменения влажностного режима пограничного слоя атмосферы над территорией Сибири. Часть 1. Изменение среднегодовой влажности // Оптика атмосфер. и океана. 2012. Т. 25, № 2. С. 132–139.
3. Комаров В.С., Ломакина Н.Я. Статистические модели пограничного слоя атмосферы Западной Сибири. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2008. 222 с.
4. Переведенцев Ю.П. Теория климата. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2009. 504 с.

*V.S. Komarov, N.Ya. Lomakina, S.N. Il'in, D.P. Nakhtigalova.* **Long-term changes of humidity conditions within the atmospheric boundary layer over Siberia. Part 2. Changes of seasonal average humidity.**

The research results of the long-term change trends of seasonal average air humidity within the atmospheric boundary layer of Siberian region over last 30 years (1981–2010) estimated by the observed data of 25 aerological stations for winter, spring, summer, and autumn are presented. It has been found that changes of seasonal average humidity observed within the atmospheric boundary layer over the territory of Siberia for the last 30 years depend on the geographical position of the station and make a different contribution to the long-term fluctuations of annual average humidity in the different seasons. Namely, while the negative trends making for annual average humidity fall within all atmospheric boundary layer predominate in winter and in a small degree in summer (only in the subpolar and the moderate zones of Western Siberia), the positive trends are typical in spring and autumn for all regions. It is shown as well that in the last ten years almost everywhere seasonal average air humidity fall was observed in the atmospheric boundary layer of the most part of Siberian region for every season, especially in winter. Seasonal average air humidity rises predominates only in the polar regions of Siberia (for every season) and in the subpolar zone of Eastern Siberia (in spring, summer and autumn), and at every altitude of the atmospheric boundary layer.