

УДК 502:504.54:911.2:911.52:519.876

## ВЛИЯНИЕ КООРДИНАТ И ВЫСОТЫ ПОЛОЖЕНИЯ У ЦЕНТРОВ СТОЛИЦ УРАЛА И СИБИРИ НА ПАРАМЕТРЫ КЛИМАТА И ПОГОДЫ

Мазуркин П.М.

*Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, e-mail: kaf\_po@mail.ru*

Из общей матрицы факторного анализа 40 параметров по 9 группам была выделена частная матрица влияния параметров первой группы (координаты центров столиц и высота их положения) на 11 параметров первых трех групп (3 параметра положения, 4 климата за 1960–1990 гг., 4 погоды за 2018 г.). Выявлены закономерности влияния координат и высоты положения центров столиц у 14 субъектов федерации Урала и Сибири по ранговым распределениям, а также на параметры климата и погоды. Коэффициент коррелятивной вариации частной матрицы равен 0,5989, и он дает средний уровень адекватности. Получены два рейтинга: 1) влияющей переменной: на первом месте X02 – восточная долгота, на втором – северная широта и на третьем X03 – высота над уровнем моря; 2) зависимым показателем: на первом месте X03 – высота над уровнем моря, на втором X02 – долгота и на третьем X08 – средняя температура за 30 лет в январе. Влияние рангов на высоту по пяти членам дает максимальную относительную погрешность 0,08%. Это относится к Челябинску. Для долготы пятый член дал максимальную относительную погрешность 0,72% для Екатеринбурга. Модели широты по рангам дала 0,25%. Это Кызыл, столица Республики Тыва. Пара X01 → X03 с корреляцией 0,8674 показывает изменение высоты центров столиц от влияния широты. Пара X02 → X04 находится на втором месте. При долготе от 84° до 95° имеется снижение ночной температуры за 1960–1990 гг. в виде энергетической ямы. Такое же изменение суммы осадков за июль происходит в интервале широты от 51,5° до 52,5°.

**Ключевые слова:** субъекты, столицы, Западная Сибирь, координаты, высота, климат, погода, закономерности

## INFLUENCE OF COORDINATES AND HEIGHT OF POSITION AT THE CENTERS OF THE CAPITALS OF SUBJECTS OF WESTERN SIBERIA ON THE PARAMETERS OF CLIMATE AND WEATHER

Mazurkin P.M.

*Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, e-mail: kaf\_po@mail.ru*

From the general matrix of factor analysis of 40 parameters in nine groups, a particular matrix of the influence of the parameters of the first group (coordinates of the centers of capitals and the height of their position) on 11 parameters of the first three groups (3 parameters of position, 4 climates for 1960-1990, 4 weather for 2018). The regularities of the influence of the coordinates and the height of the position of the centers of the capitals in 14 subjects of the Federation of Urals and Siberia by rank distributions, as well as on the parameters of climate and weather, have been revealed. The coefficient of the correlative variation of the partial matrix is 0.5989, and it gives the average level of adequacy. Two ratings have been obtained: 1) the influencing variable in the first place is X02 – east longitude, in the second – north latitude and in the third – X03 – height above sea level; 2) the dependent indicator in the first place is X03 – altitude, on the second X02 – longitude and on the third X08 – the average temperature over 30 years in January. The influence of the ranks on the heights of five members gives a maximum relative error of 0,08%. This applies to Chelyabinsk. For longitude, the fifth term gave the maximum relative error of 0,72% for Yekaterinburg. Latitude models by ranks gave 0,25%. This is Kyzyl, the capital of the Tuva Republic. The X01 → X03 pair with a correlation of 0,8674 shows the change in the height of the centers of the capitals from the influence of latitude. The pair X02 → X04 is in second place. With a longitude from 84° to 95°, there is a decrease in the night temperature for 1960–1990. in the form of an energy pit The same change in the amount of precipitation for July occurs in the latitude interval from 51,5° to 52,5°.

**Keywords:** subjects, capitals, Western Siberia, coordinates, height, climate, weather, patterns

Города вносят основной вклад в изменение климата. По данным ООН Хабитат, города потребляют 78% мировой энергии и производят более 60% выбросов парниковых газов. Однако они занимают менее 2% поверхности Земли (Cities and Pollution | United Nations).

В городах следует применять долгосрочный системный подход к адаптации к изменению климата и смягчению его последствий [1]. Силы были вызваны развитием и манипулированием окружающей средой в индустриальную эпоху. Последствия урбанизации и изменения климата сочетаются опасно, угрожая оказать беспреце-

дентное негативное воздействие на качество жизни, экономическую и социальную стабильность [2].

Оценки показывают, что города производят 75% глобальных выбросов CO<sub>2</sub>, причем транспорт и здания являются одними из самых значимых источников [3]. Города растут, и по мере того, как происходит изменение климата, городской ландшафт будет продолжать ощущать последствия экологического кризиса [4]. Форма и планировка городов влияют на погоду и качество воздуха. Благодаря эффекту городского теплового острова города часто выглядят довольно благоустроенными по сравнению с окружаю-

щей средой. На самом деле в городах бывает так жарко, что они начинают влиять на погоду и качество воздуха. Но все сводится не только к теплу, которое выделяют города, но и к их форме и расположению [5].

Цель исследования – выявление закономерностей [6] между 11 параметрами координат и высоты географического положения центров столиц, а также климата за 1960–1990 гг. и погоды за 2018 г. на территории 14 субъектов федерации Урала и Сибири.

### Материалы и методы исследования

Составлены данные относительно геодезических координат и высоты положения центров столиц субъектов Федерации (три параметра), а также четырех факторов климата за период 1960–1990 гг. и четырех параметров погоды за 2018 г.

В табл. 1 дан фрагмент консолидированных данных по 14 субъектам из Уральского и Сибирского федеральных округов из сайта <https://rosstat.gov.ru/accounts> (дата обращения 07.08.2020), в частности из Российского статистического ежегодника, 2019. Данные по координатам столиц субъектов Федерации и их климату были взяты из источников Координаты в городах России, n.d. и Среднемесячные климатические данные, n.d.

Для выявления закономерностей влияния трех географических параметров на 11 параметров трех групп (географические, климат и погода) были приняты условные обозначения:

1) географические координаты и высота положения центров столиц субъектов федерации (X01 – приведенная северная широта, причем  $\alpha := \alpha - 50$ , °; X02 – приведенная восточная долгота, причем  $\beta := \beta - 60$ , °; X03 – высота над уровнем Балтийского моря, м);

2) климатические среднемесячные параметры за 30-летний период 1961–1990 гг. (X04 – средняя ночная температура, °C; X05 – средняя дневная температура, °C; X06 – средняя сумма осадков, мм; X07 – среднее число дней с осадками >0,1 мм, шт.);

3) параметры погоды (2018) (X08 – средняя температура, январь, °C; X09 – средняя температура, июль, °C; X10 – сумма осадков за январь, мм; X11 – сумма осадков за июль, мм).

### Результаты исследования и их обсуждение

Результаты идентификации данных из табл. 1 ранговых распределений (выделены курсивом) и пар с 11 фактором приведены в табл. 2.

Коэффициент коррелятивной вариации (по Ч. Дарвину коррелятивная вариация) по табл. 2 равен  $19,7649 / (3 \times 11) = 0,5989$ , и он дает средний (коэффициент корреляции от 0,5 до 0,7) уровень адекватности системы факторов. Сравнение объектов происходит по силе функциональной связности между всеми учтенными параметрами.

Таблица 1

Фрагмент исходных данных по 40 параметрам

Код	Субъект федерации Западной Сибири	Столица субъекта	Координаты				...	X40
			X01	X02	X03			
45	Курганская область	Курган	5,45	5,3333	75	...	262,2	
66	Свердловская область	Екатеринбург	6,8519	0,6122	255	...	251,9	
72	Тюменская область	Тюмень	7,1522	5,5272	81	...	174,1	
74	Челябинская область	Челябинск	5,154	1,4291	218	...	251,0	
4	Республика Алтай	Горно-Алтайск	1,9606	25,9189	285	...	222,3	
<b>17</b>	<b>Республика Тыва</b>	<b>Кызыл</b>	1,7147	34,4534	624	...	378,1	
<b>19</b>	<b>Республика Хакасия</b>	<b>Абакан</b>	3,7156	31,4292	247	...	249,9	
22	Алтайский край	Барнаул	3,3606	23,7636	189	...	260,1	
<b>24</b>	<b>Красноярский край</b>	<b>Красноярск</b>	6,0184	32,8672	139	...	262,1	
<b>38</b>	<b>Иркутская область</b>	<b>Иркутск</b>	2,2978	44,296	427	...	320,1	
42	Кемеровская обл. – Кузбасс	Кемерово	5,3333	26,0833	104	...	342,8	
54	Новосибирская область	Новосибирск	5,0415	22,9346	164	...	232,1	
55	Омская область	Омск	4,9924	13,3686	90	...	220,3	
70	Томская область	Томск	6,4977	24,9744	117	...	201,3	

Примечание: Выделены субъекты федерации Ангаро-Енисейского макрорегиона.

Даны два рейтинга: 1) как влияющие переменные на первом месте находится X02 – приведенная восточная долгота, на втором – приведенная северная широта и на третьем X03 – высота над уровнем моря; 2) как зависимые показатели (критерии оценки) на первом месте расположен фактор X03 – высота над уровнем Балтийского моря, на втором X02 – приведенная восточная долгота и на третьем X08 – средняя температура за 30 лет в январе.

Ранговые распределения трех параметров I группы показывают добротность измерений (табл. 3). Дополнительно к тренду

были идентифицированы три колебания (вейвлета).

Рейтинг географических параметров дан по убыванию коэффициента корреляции:

1) 1,0000 X03 – высота над уровнем Балтийского моря (рис. 1);

2) 0,9988 X02 – приведенная восточная долгота (рис. 2);

3) 0,9974 X01 – приведенная северная широта (рис. 3).

Из-за введения вейвлетов малые изменения коэффициента корреляции (по вычислительным возможностям программной среды CurveExpert-1,40) не изменили места в табл. 2.

**Таблица 2**

Корреляционная матрица по трендам и рейтинг факторов

x	Группа I			Группа II				Группа III				Сумма $\Sigma r_x$	Место $I_x$
	X01	X02	X03	X04	X05	X06	X07	X08	X09	X10	X11		
X01	0,9954	0,6373	0,8674	0,5952	0,2242	0,5427	0,3521	0,7115	0,4510	0,4491	0,8208	6,6467	2
X02	0,6526	0,9755	0,7402	0,8340	0,5937	0,2432	0,4314	0,7632	0,7382	0,4892	0,5587	7,0199	1
X03	0,7646	0,5024	0,9913	0,4826	0,2428	0,5240	0,5545	0,7113	0,2965	0,2825	0,7458	6,0983	3
	2,4126	2,1152	2,5989	1,9118	1,0607	1,3099	1,338	2,186	1,4857	1,2208	2,1253	19,7649	–
	2	5	1	6	11	9	8	3	7	10	4	–	0,5989

**Таблица 3**

Параметры вейвлетов рангового распределения географического положения

Номер $i$	Вейвлет $y_i = a_{1i}x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i}x^{a_{4i}}) \cos(\pi x / (a_{5i} + a_{6i}x^{a_{7i}}) - a_{8i})$								Кэфф, корр, $r$
	Амплитуда (половина) колебания				Полупериод колебания			Сдвиг $a_{8i}$	
	$a_{1i}$	$a_{2i}$	$a_{3i}$	$a_{4i}$	$a_{5i}$	$a_{6i}$	$a_{7i}$		
1,0000 X03 – высота над уровнем Балтийского моря									
1	74,88229	0	-0,083913	1,20576	0	0	0	0	1/0000
2	-1,09956	0	-0,19132	1,27095	108,1762	-82,5505	0,087843	-1,24733	
3	4,29896e6	14,05188	21,92848	0,32859	2,42095	-0,017978	1,49980	2,15369	0,9407
4	11,88306	8,94444	2,65029	1	1,01539	-0,0019601	1	4,61096	0,9281
5	3,47988	0	2,22844	1	4,09031	0	0	-1,43614	0,8106
0,9988 X02 – приведенная восточная долгота									
1	4,34465e-21	0	-3,77755	1	0	0	0	0	0,9988
2	8,74845	3,18925	2,10578	0,45827	0	0	0	0	
3	-1,46959	1,76679	0,35743	1	0,87987	0,12537	1	1,23892	
4	0,00043509	4,99330	0,0030079	3,09054	0,98692	0,00054931	2,34460	-2,65407	0,9667
5	0,66132	0	1,91336	1	2,06069	0	0	0,40501	0,9985
0,9974 X01 – приведенная северная широта									
1	1,71905	0	-0,056607	1,10874	0	0	0	0	0,9974
2	1,87826	3,93313	2,94508	0,46620	0	0	0	0	
3	0,00027984	24,86442	10,07419	0,67599	92,1210	0	0	-1,35516	
4	-0,19595	0,57786	0,010323	2,38088	0,89411	0,0017838	2,07207	1,72504	0,9995

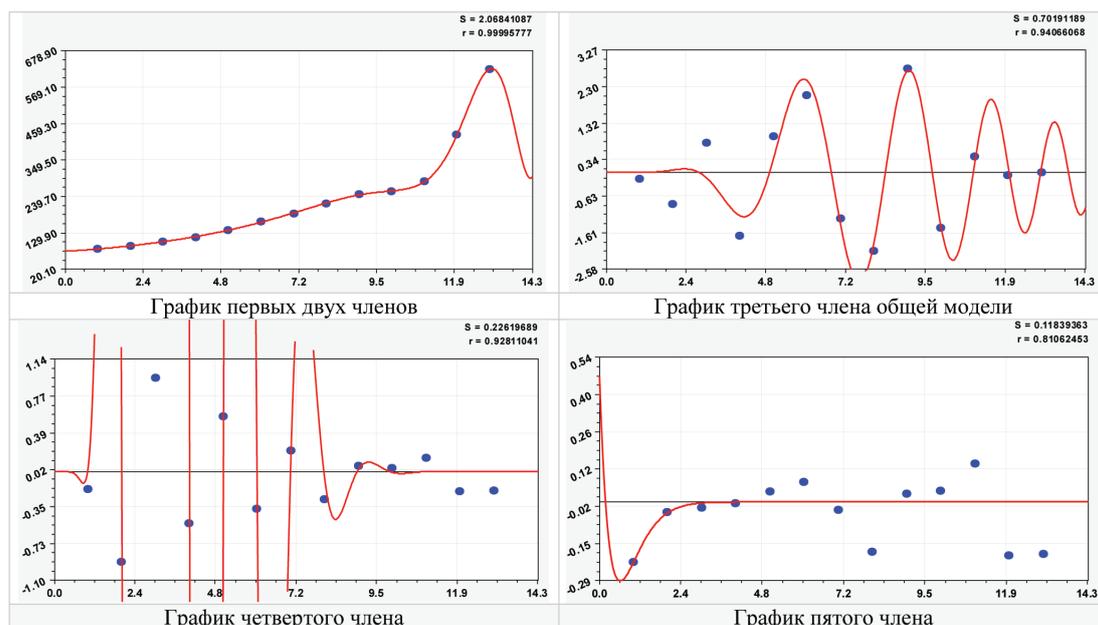


Рис. 1. Графики рангового распределения высоты над уровнем Балтийского моря (в правом верхнем углу:  $S$  – стандартное отклонение;  $r$  – коэффициент корреляции)

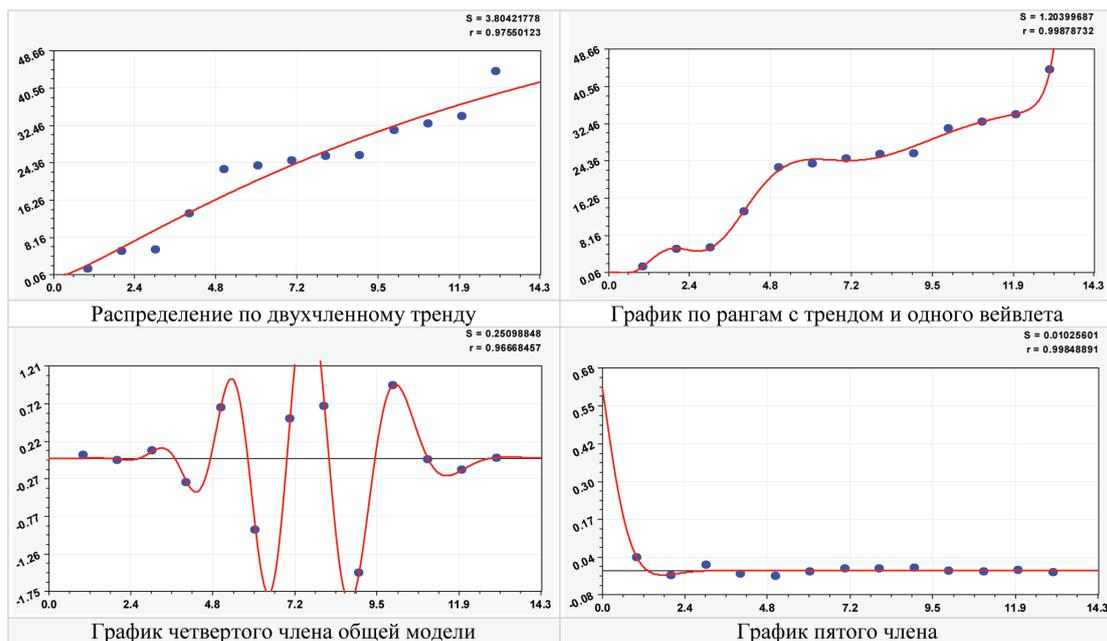


Рис. 2. Графики рангового распределения приведенной восточной долготы

Тренд с коэффициентом корреляции 0,9913 дает максимальную относительную погрешность  $|\Delta_{\max}| = 35,77\%$ . Это Курган, столица Курганской области. При этом погрешность более 5%, поэтому дальше моделировать нужно асимметричными вейвлетами (табл. 3). После пятого члена максимальная относительная погрешность стала  $|\Delta_{\max}| = 0,08\%$ . Это уже отно-

сится к Челябинску. Модель по параметрам из табл. 3 является высокоадекватной.

На рис. 2 даны графики распределения по рангам при введенной восточной долготы.

После двухчленного тренда максимальная относительная погрешность равна  $|\Delta_{\max}| = 204,39\%$  для восточной долготы, что значительно превышает допустимый уровень в 5%. С тремя членами моде-

ли максимальная относительная погрешность снижается до 100,00%. Это долгота Екатеринбурга. При этом всего две точки из 14 больше 5%. Окончательно после пятого члена получилось  $|\Delta_{\max}| = 0,72\%$  для Екатеринбурга.

На рис. 3 показаны графики рангового распределения приведенной северной широты для 14 субъектов федерации Западной Сибири.

Максимальная относительная погрешность тренда  $|\Delta_{\max}| = 8,33\%$ . Это Абакан, столица Хакасии. По минимальной погрешности трендов северная широта занимает первое место, на втором – высота и на третьем – восточная долгота. Погрешность более 5% у северной широты всего 2 точки из 14. После последнего, четвертого, члена модели максимальная относительная погрешность равна всего  $|\Delta_{\max}| = 0,25\%$ . Это Кызыл, столица Республики Тыва.

Таким образом, применение к тренду дополнительно нескольких вейвлетов значительно снижает максимальную относительную погрешность моделей распределения.

Тогда получается, что рельеф по географическим параметрам имеет четкую волновую природу. Он получается из-за колебательной адаптации процессов горообразования и эрозии во времени геодинамики. Люди, основавшие города, выбирали на местности точки для установления центров по четким правилам, обусловленным многовековым опытом: прежде всего учитывались водный транспорт, защита от неприятелей, плодородная почва недалеко от городской стены.

В итоге центры городов, хотя за многие века и перемещались, являются хорошим примером сочетания параметров ландшафта и организации жизни в городах и территориях вокруг.

Парные отношения из-за малости количества субъектов и объема статьи моделируются только трендом. Выберем из табл. 2 сильные бинарные отношения с коэффициентом корреляции не менее 0,7 (табл. 4). Из общего количества бинарных отношений  $3 \times 11 - 3 = 30$  шт. сильные факторные связи равны 10 шт., или по доле равно 33,33% (третья часть).

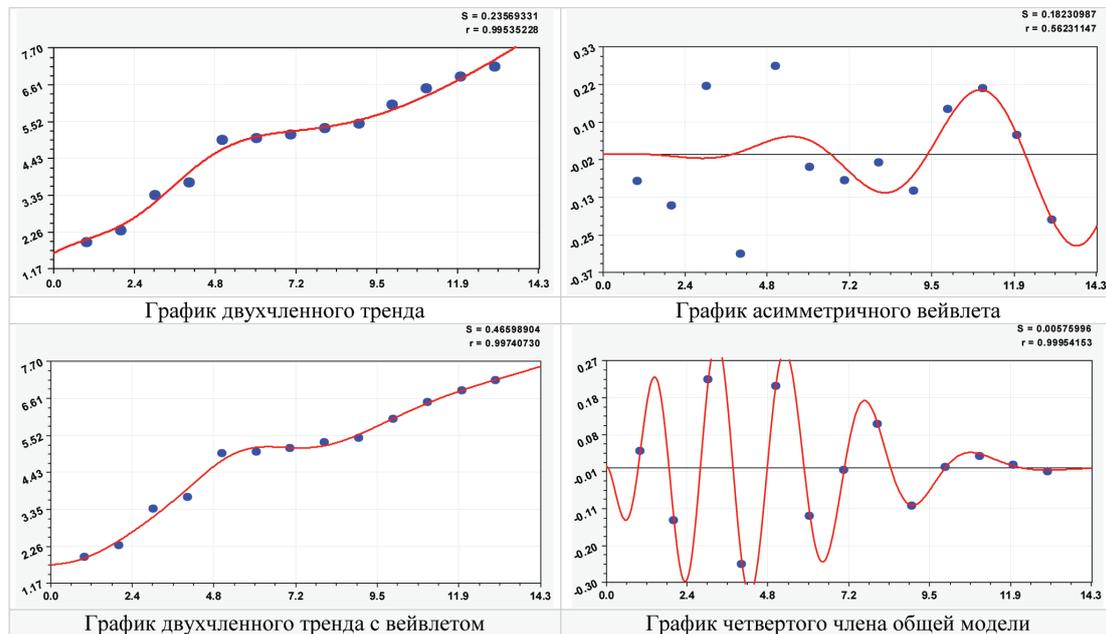


Рис. 3. Графики рангового распределения приведенной северной широты

Таблица 4

Корреляционная матрица парных отношений по трендам (1) при  $r \geq 0.7$

x	Группа I			Группа II				Группа III			
	X01	X02	X03	X04	X05	X06	X07	X08	X09	X10	X11
X01			0,8674					0,7115			0,8208
X02			0,7402	0,8340				0,7632	0,7382		
X03	0,7646							0,7113			0,7458

Рейтинг сильных пар следующий (табл. 5):  
 1) 0,8674 X01 → X03; 2) 0,8340 X02 → X04;  
 3) 0,8208 X01 → X11; 4) 0,7646 X03 → X01;  
 5) 0,7632 X02 → X08; 6) 0,7458 X03 → X11;  
 7) 0,7402 X02 → X03; 8) 0,7382 X02 → X09;  
 9) 0,7115 X01 → X08; 10) 0,7113 X03 → X08.

В табл. 5 по убыванию коэффициента корреляции даны параметры всех отобранных 10 закономерностей по тренду из табл. 4. При условии  $c = 1$  из первого члена тренда образуется закон Мандельброта (в физике), Лапласа (в математике), Ципфа–Перла (в биологии) и Парето (в эконометрике). При условии  $c \neq 1$  получается модифицированный нами закон Мандельброта. Дополнительно при условии  $f = 0$  и  $g = 0$  вместо биотехнического закона образуется степенная функция. Отрицательный знак перед второй составляющей тренда показывает кризисное изменение показателя при влиянии X01, X02 или X03.

На рис. 4 приведен график X01 → X03, который показывает зависимость изменения

высоты положения центра столицы субъекта федерации Западной Сибири от влияния северной широты.

Остальные парные отношения графически показаны на рис. 5.

Остатки на рис. 4 показывают возможность идентификации парных отношений дополнительно к тренду волновыми уравнениями. Однако известно, что для получения добротных вейвлетов необходимо принять количество субъектов не менее 20. Тогда придется рассматривать все субъекты федерации Сибири и Дальнего Востока совместно.

По рис. 5 пара X02 → X04 находится на втором месте. Тогда из графика видно, что в интервале приведенной долготы от  $24^\circ$  до  $35^\circ$  имеется снижение средней ночной температуры за 1960–1990 гг. Аналогичное изменение суммы осадков за июль происходит в интервале приведенной широты от  $1,5^\circ$  до  $2,5^\circ$  (широты от  $51,5^\circ$  до  $52,5^\circ$ ). Так анализируются все пары.

Таблица 5

Параметры тренда бинарных отношений при  $r \geq 0.7$

Переменная $x$	Показатель $y$	Двухчленный тренд $y = a \exp(-bx^c) + dx^e \exp(-fx^g)$							Коэф. корр. $r$
		Экспоненциальный закон			Биотехнический закон				
		$a$	$b$	$c$	$d$	$e$	$f$	$g$	
X01	X03	6918,4576	0,21987	0,85806	-7588,9455	0,36409	0,51655	0,70463	0,8674
X02	X04	-27,88048	-0,017132	1	-7,9943e-152	147,5549	4,99528	1	0,8340
X01	X11	126,33416	0,048289	1,48617	-0,23949	18,94809	5,29786	0,99731	0,8208
X03	X01	6,56639	0,0011818	1	-1,63282e-11	4,68214	0,00051370	1,39812	0,7646
X02	X08	-8,04891	-0,0096242	1	-8,52207	0,10697	0	0	0,7632
X03	X11	67,22798	7,23374e-5	1,89888	6,33050e-5	2,75455	0,0064646	0,97084	0,7458
X02	X03	282,94532	0,19940	1	1,24254e-6	7,04685	0,15805	1	0,7402
X02	X09	18,32800	-0,033824	1	-0,11711	1,67626	0	0	0,7382
X01	X08	-321,30800	0,28673	0,94760	375,45468	0,54865	0,69163	0,83092	0,7115
X03	X08	-21,15921	0,00025567	1	-1,11347e-9	3,58506	0	0	0,7113

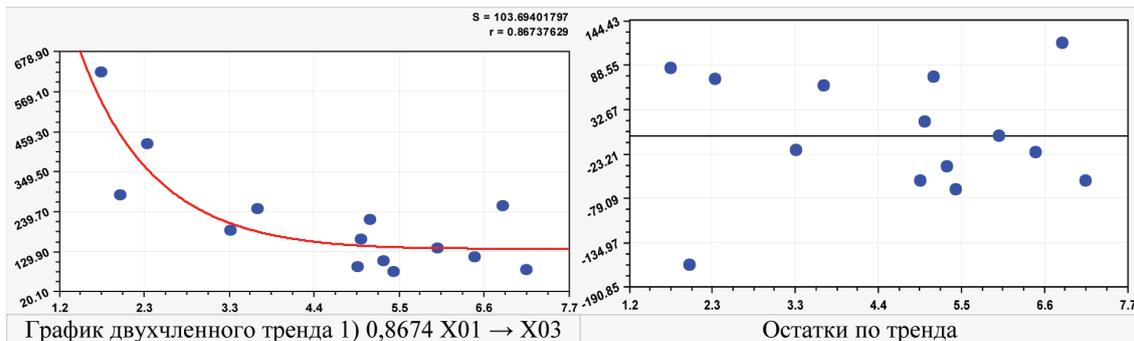


Рис. 4. Графики влияния северной широты на высоту положения столиц

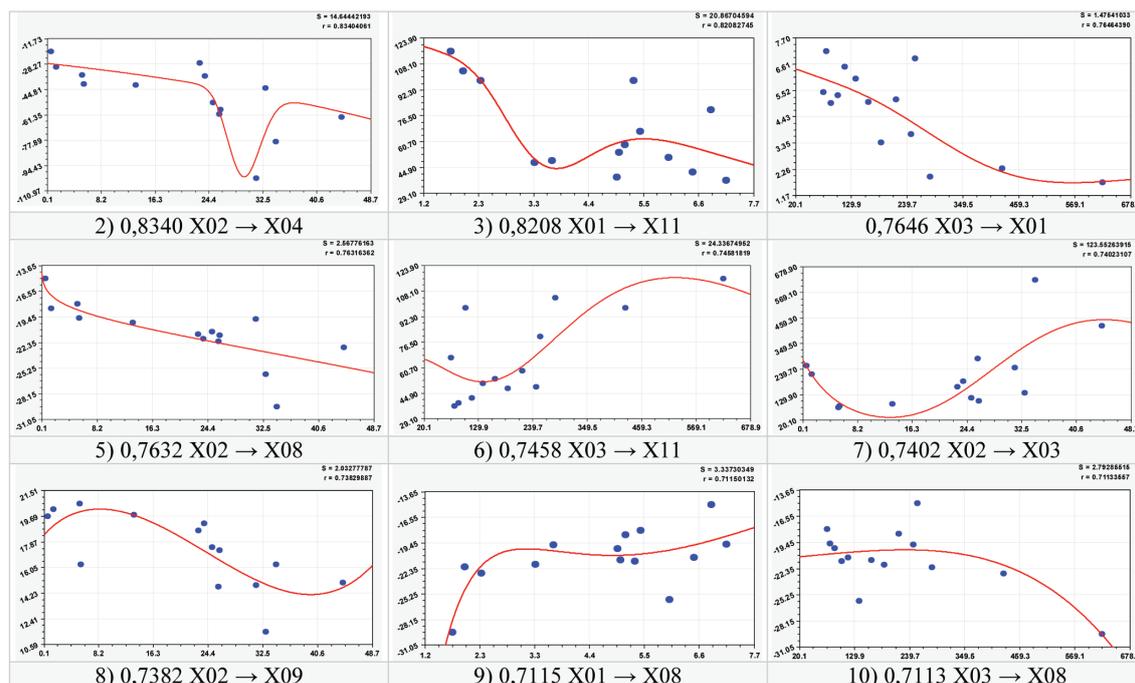


Рис. 5. Графики моделей сильных влияний географических параметров на климат и погоду

### Заклучение

Выявлены закономерности влияния координат и высоты географического положения центров столиц у 14 субъектов федерации Урала и Сибири на самих себя (по рангам), а также на параметры климата за 1960–1990 гг. и погоды за 2018 г.

Коэффициент коррелятивной вариации равен 0,5989, и он дает средний уровень адекватности матрицы из 3 x 11 факторов. Получены два рейтинга: 1) влияющей переменной: на первом месте X02 – восточная долгота, на втором – северная широта и на третьем X03 – высота над уровнем моря; 2) зависимым показателем: на первом месте X03 – высота над уровнем моря, на втором X02 – долгота и на третьем X08 – средняя температура за 30 лет в январе.

Влияние рангов на высоту по пяти членам дает максимальную относительную погрешность 0,08%. Это относится к Челябинску. Для долготы пятый член дал 0,72% для Екатеринбурга. Модели широты по рангам дала 0,25%. Это Кызыл, столица Республики Тыва. Пара X01 → X03 с корреляцией 0,8674 показывает изменение высоты от влияния широты. Пара X02 → X04 находится на втором месте. Видно, что в интервале приведенной долготы от 24° до 35° имеется снижение средней ночной температуры за 1960–1990 гг. Аналогичное изменение

суммы осадков за июль происходит в интервале приведенной широты от 1,5° до 2,5° (широты от 51,5° до 52,5°).

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Правительства Красноярского края, Красноярского краевого фонда науки в рамках научного проекта: «19-45-240004p\_a Прогноз эколого-экономического потенциала возможных «климатических» миграций в Ангаро-Енисейском макрорегионе в меняющемся климате XXI века».

### Список литературы / References

- Rosenzweig C., Solecki W., Romero-Lankao P., Mehrotra S., Dhakal S., Bowman T., Ali Ibrahim S. ARC3,2 Summary for City Leaders, Urban Climate Change Research Network, New York, Second UCCRN Assessment Report on Climate Change and Cities, 2015. 90 p.
- Cities and climate change, Global report on human settlements 2011. United Nations Human Settlements Programme. London, Washington, DC. 2011. 300 p.
- Cities and climate change. [Electronic resource]. URL: <https://www.unep.org/explore-topics/resource-efficiency/what-we-do/cities/cities-and-climate-change> (date of access: 14.07.2021).
- How climate change is going to affect cities, urban spaces. Urban Plsnnng. [Electronic resource]. URL: <https://kinder.rice.edu/urbanedge/2019/09/03/how-climate-change-going-change-cities-urban-spaces> (date of access: 14.07.2021).
- Kennel J. The Shape and Layout of Cities Affect the Weather. [Electronic resource]. URL: <http://thescienceexplorer.com/nature/shape-and-layout-cities-affect-weather> (date of access: 14.07.2021).
- Mazurkin P.M. Factor analysis of the subjects of the Siberian district by 40 parameters of the population's life. Biosphere economy: theory and practice. 2021. № 5 (35). P. 17–39.