

## **Барабанова Т.С., Самохин М.А.**

МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра гидрологии суши.  
Tanushka94.21@mail.ru

### **Основные расчетные гидрологические характеристики рек Новой Москвы\***

В соответствии с решением Правительств г. Москвы и Московской области от 30.07.2011 г. к городу Москве присоединена территория Московской области площадью 144.7 тыс. га. Территория расположена к югу и юго-западу от МКАД. На присоединенной территории образованы два административных округа города Москвы: Троицкий и Новомосковский (ТиНАО).

Рассматриваемая территория слабо урбанизирована: население составляет около 300 тыс. человек (2% населения Москвы), фонд недвижимости – порядка 16 млн м<sup>2</sup>, около половины территории занято лесами [4].

В настоящее время водоснабжение ТиНАО преимущественно обеспечивается за счёт эксплуатации подземных вод с общим водоотбором около 140 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Примыкающие ко МКАД районы получают поверхностную воду из системы Мосводоканала.

Гидрогеологические условия территории ТиНАО г. Москвы являются сложными: в плане и разрезе наблюдается сильная изменчивость фильтрационных параметров водоносных горизонтов, гидродинамических характеристик, качества подземных вод.

Территория Троицкого и Новомосковского округов подлежит планомерному градостроительному освоению. Реализация этих планов потребует дополнительных источников водоснабжения населения и объектов промышленности, что окажет существенное влияние на состояние природной среды, в том числе на гидрологические и гидрогеологические условия территории. Для оценки потенциала источников водоснабжения Новой Москвы необходимо определить основные гидрологические характеристики рек данной территории.

По состоянию на 2016 год на территории Новой Москвы действующих гидрологических постов нет. На расстоянии до 150 км от границ ТиНАО только 12 гидрологических постов расположены на техногенно незарегулированных реках с продолжительными периодами наблюдения за расходами воды (рисунок 1а). На каждом гидрологическом посту имеется ряд данных продолжительностью наблюдений от 24 до 59 лет (таблица 1).

Таблица 1 – Сведения о гидрологических постах-аналогах

№	Река	Створ	F, км <sup>2</sup>	Дата открытия	Дата закрытия	Расстояние от истока, км	Уклон водосбора, ‰	Нср, м
5	Закза	д.Большое Сареево	17.0	25.10.1945	действ.	6.00	32.0	191
4	Медвенка	д.Большое Сареево	21.5	25.10.1945	действ.	11.0	21.0	192
10	Пахра	д. Стрелковская Фабрика	1690	(Макарово 06.01.1925) 10.07.1968	действ.	90.0	39.1	191
7	Катыш	с. Троицкое	70.5	01.11.1967	действ.	15.0	28.0	228
6	Нудоль	д.Кузнецово	291	01.12.1968	01.01.1994	38.0	22.0	236
11	Протва	г. Верея	935	25.07.1977	с 01.01.1999 уровенный	87.0	44.7	224
1	Протва	с. Спас-Загорье	3640	01.04.1937	действ.	204	42.5	202
3	Нара	г. Наро-Фоминск	665	23.09.1976	с 01.01.1997 уровенный	43.0	18.0	198
2	Нара	д. Папино	971	01.09.1956	01.09.1996	77.0	39.4	198
12	Малая Истра	д. Киселево	280	01.01.1956	с 01.01.1997 уровенный	41.0	20.0	214
9	Северка	с. Покровское	792	13.08.1969	действ.	60.0	21.0	164
8	Нерская	г. Куровское	612	28.10.1929 (09.09.1958)	с 01.01.1998 уровенный	35.0	5.00	135

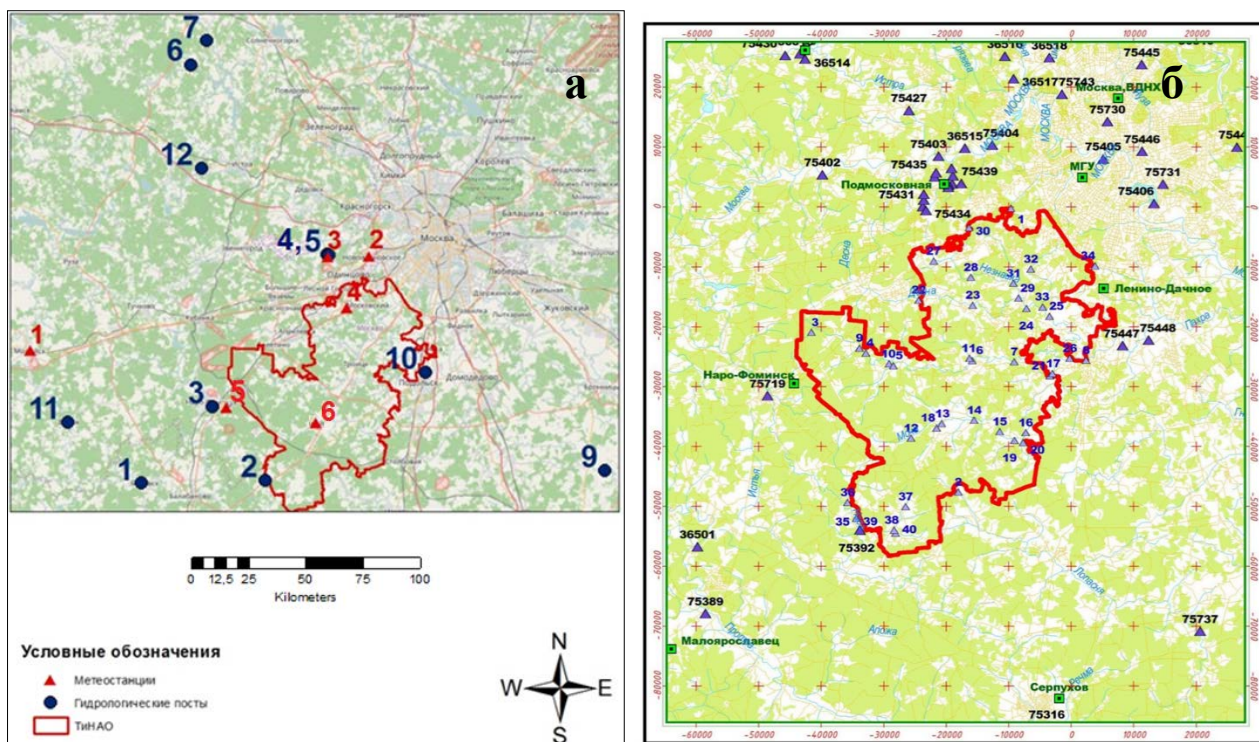


Рисунок 1 – а) Схема расположения гидрологических постов-аналогов (номера согласно таблице 1) и ближайших метеорологических станций (1 – Можайск, 2 – Немчиновка, 3 – Подмосковная, 4 – Внуково, 5 – Наро-Фоминск, 6 – Михайловское). б) Схема расположения временных гидрологических постов

Данные гидрологические посты рассматривались в качестве аналогов для организованных 40 временных постов (рисунок 1б). Местоположение створов обуславливает возможность верификации полученных данных с гидрогеологической моделью, что позволит оценить потенциал подземных источников для водоснабжения Новой Москвы.

По постами-аналогам была собрана база данных, включающая значения характерных расходов воды. Сведения по наличию данных иллюстрирует рисунок 2. Пропуски в данных могут составлять от 1 года до 40 лет. Подробный анализ был произведен по следующим характеристикам водного стока: среднегодовой расход воды, максимальный расход воды весеннего половодья и дождевых паводков, слой стока весеннего половодья, минимальный расход воды за период ледостава и летне-осенней межени.

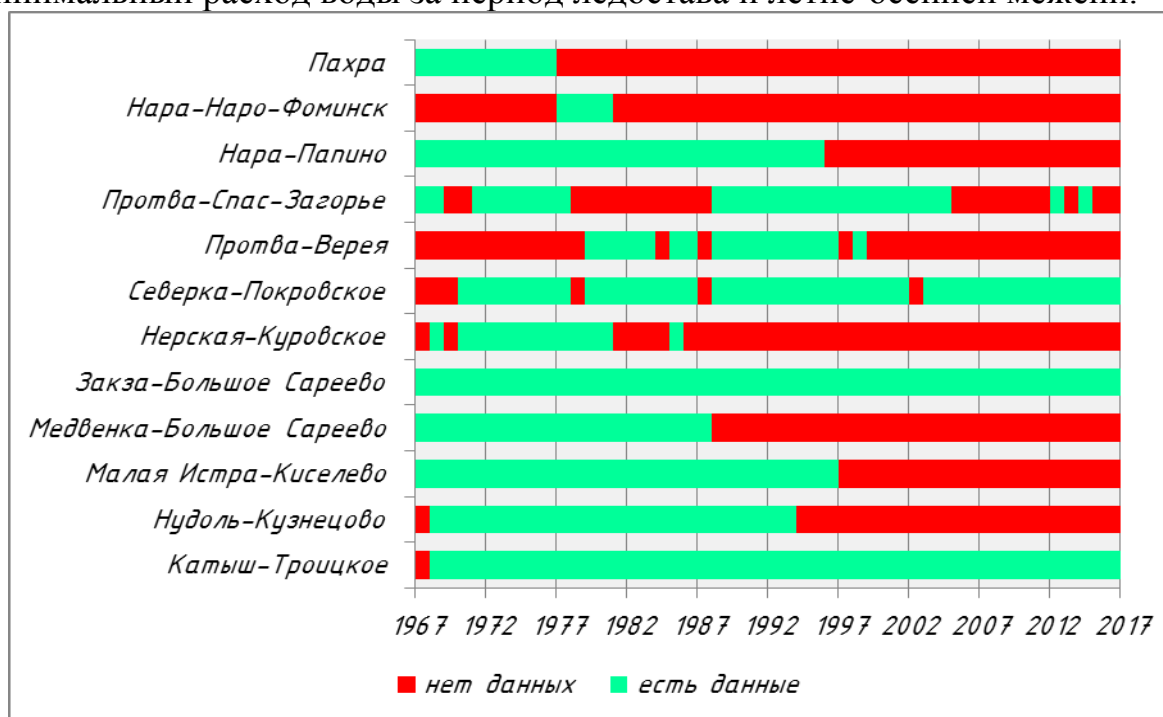


Рисунок 2 – Наличие данных наблюдений по минимальным расходам воды за период ледостава

Для всех перечисленных характеристик был выбран репрезентативный период 1967-2016 гг. по принципу однородности, связности и наличия данных. Для рядов, имеющих пропуски в наблюдениях, по каждому количественному показателю стока была построена корреляционная матрица (таблица 2).

Оптимальные реки-аналоги были подобраны, на основе морфометрического сходства бассейнов, географическую близость водосборов и однотипность условий формирования стока. Далее пропуски были восстановлены с учетом введенных поправок на систематически заниженную дисперсию при среднем парном коэффициенте корреляции 0.68.

Таблица 2 – Корреляционная матрица для максимальных расходов воды весеннего половодья

<i>Переменная</i>	<i>Катыш-Троицкое</i>	<i>Нудоль-Кузнецово</i>	<i>Малая Истра-Киселево</i>	<i>Медвенка-Большое Сареево</i>	<i>Закса-Большое Сареево</i>	<i>Нерская-Куровское</i>	<i>Северка-Покровское</i>	<i>Протва-Верея</i>	<i>Протва-Спас-Загорье</i>	<i>Нара-Папино</i>	<i>Нара-Наро-Фоминск</i>	<i>Пахра</i>
Катыш-Троицкое	1.000	0.739	0.573	0.524	0.404	0.511	0.470	0.349	0.620	0.382	0.315	0.525
Нудоль-Кузнецово	0.739	1.000	0.557	0.376	0.153	0.457	0.254	0.304	0.372	0.521	0.404	0.379
Малая Истра-Киселево	0.573	0.557	1.000	0.600	0.544	0.475	0.472	0.478	0.584	0.658	0.505	0.611
Медвенка-Большое Сареево	0.524	0.376	0.600	1.000	0.833	0.639	0.711	0.897	0.584	0.667	0.751	0.730
Закса-Большое Сареево	0.404	0.153	0.544	0.833	1.000	0.644	0.758	0.604	0.635	0.646	0.593	0.766
Нерская-Куровское	0.511	0.457	0.475	0.639	0.644	1.000	0.791	0.635	0.733	0.832	0.787	0.776
Северка-Покровское	0.470	0.254	0.472	0.711	0.758	0.791	1.000	0.579	0.732	0.702	0.577	0.809
Протва-Верея	0.349	0.304	0.478	0.897	0.604	0.635	0.579	1.000	0.596	0.807	0.758	0.728
Протва-Спас-Загорье	0.620	0.372	0.584	0.569	0.635	0.733	0.732	0.596	1.000	0.791	0.575	0.691
Нара-Папино	0.382	0.521	0.658	0.667	0.646	0.832	0.702	0.807	0.791	1.000	0.909	0.862
Нара-Наро-Фоминск	0.315	0.404	0.505	0.751	0.593	0.787	0.577	0.758	0.575	0.909	1.000	0.661
Пахра	0.525	0.379	0.611	0.730	0.766	0.776	0.809	0.728	0.691	0.862	0.661	1.000

Для каждого поста по восстановленным блокам данных была проведена статистическая обработка и построено семейство аналитических кривых. На рисунке 3 продемонстрированы кривые распределения обеспеченностей максимального расхода воды весеннего половодья за весь период наблюдений (1925 – 2016 гг.) и однородный период, характеризующий современные условия (1967 – 2016 гг.) для р. Пахры. Максимальный расход воды 1%-ной обеспеченности за однородный период меньше в 1.24 раза относительного полного периода, что обусловлено климатическими изменениями (статистически значимое уменьшение продолжительности периода снегонакопления).

Построение аналитических кривых, на основе распределения Крицкого-Менкеля и Пирсона III типа, позволили получить значения требуемых обеспеченностей расходов воды на основе получения основных параметров методом моментов и методом наименьших квадратов (таблица 3).

Полученные значения переносились в створ временных постов. Расчет выполнялся на основе требований действующих нормативных документов (СП 33.101.2003), данных наблюдений на метеорологических станциях и гидрологических постах-аналогах, а также на основе гидроморфометрических параметров водосборов в расчетных створах. Пример полученных результатов по максимальным расходам воды весеннего половодья представлен в таблице 4.



Таблица 3 – Основные параметры и расчетные значения расходов воды, полученные по аналитическим кривым

№	Река	Створ	$Q_{max}ВП1\%$	$Q_{max}ДП1\%$	$h1\%$	$K_0$	$Q_{ср50\%}$	$Q_{min.10\%80\%}$	$Q_{min.1\%80\%}$
5	р. Закса	д.Большое Сареево	6.24	5.61	184	0.0070	0.19	0.063	0.056
4	р. Медвенка	д.Большое Сареево	15.9	14.5	189	0.0141	0.14	0.014	0.026
10	р. Пахра	д. Стрелковская Фабрика	345	152	192	0.0089	10.3	1.55	
7	р. Катыш	с. Троицкое	41.5	54.9	279	0.0106	0.570	0.087	0.13
6	р. Нудоль	д.Кузнецово	66.7	74.8	270	0.0057	3.71	0.468	0.39
11	р. Протва	г. Верея	193	102	187	0.0084	28.2	2.07	1.48
1	р. Протва	с. Спас-Загорье	810	276	212	0.0102	21.3	5.31	5.75
3	р. Нара	г. Наро-Фоминск	103	7.41	188	0.0061	3.78		
2	р. Нара	д. Папино	180	11.2	185	0.0080	6.20	1.23	1.39
12	р. Малая Истра	д. Киселево	55.2	42.3	175	0.0071	2.02	0.565	0.55
9	р. Северка	с. Покровское	204	72.9	150	0.0116	3.44	0.800	1.00
8	р. Нерская	г. Куровское	85.7	30.4	173	0.0057	3.71		0.64

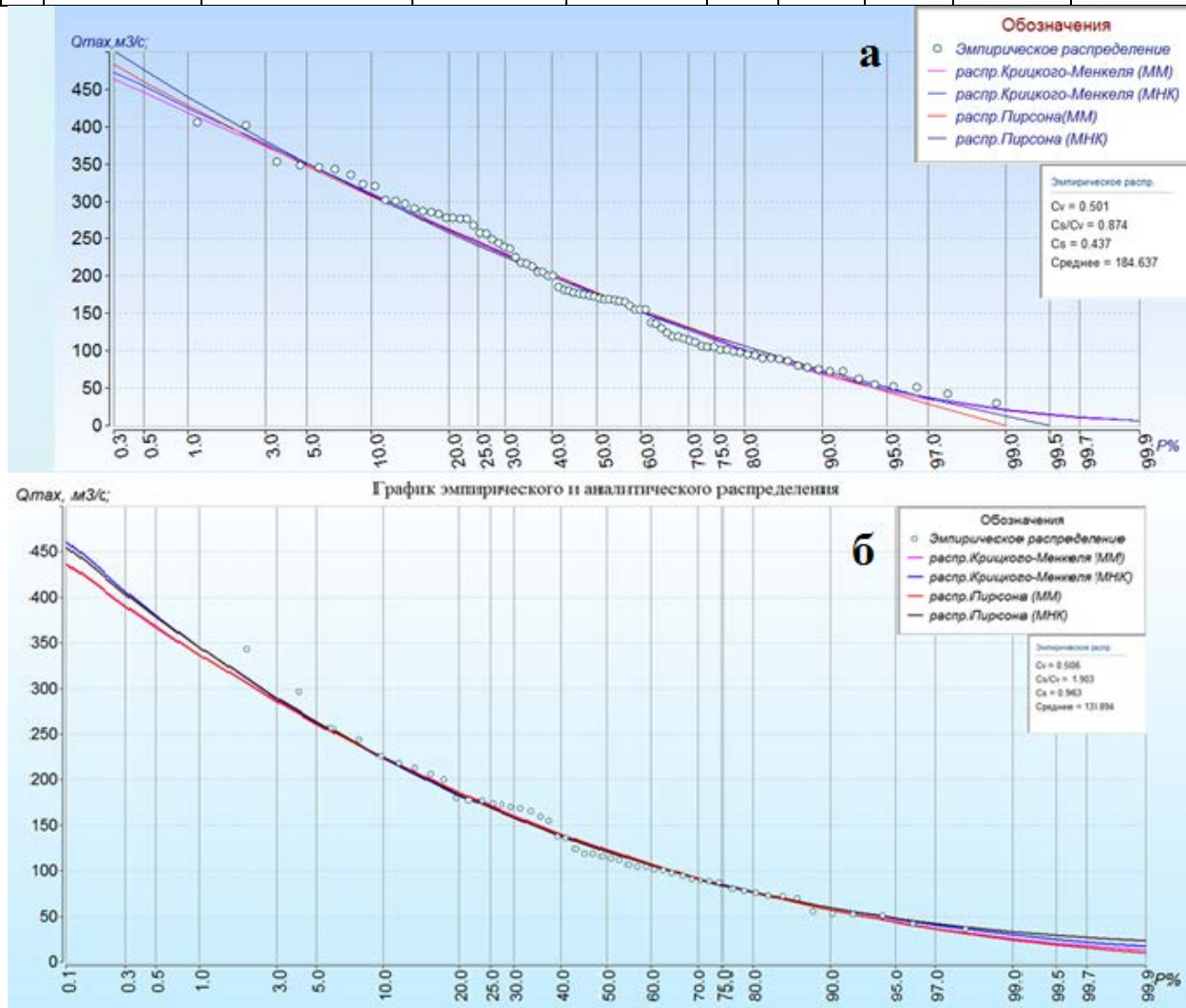


Рисунок 3 – Эмпирические и аналитические кривые распределения обеспеченностей максимального расхода воды весеннего половодья р. Пахра д. Стрелковская Фабрика: а) 1925 – 2016 гг., б) 1967 – 2016 гг.

Таблица 4 – Расчетные значения максимальных расходов воды ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) весеннего половодья в исследуемых створах (номера согласно рисунку 1).

Расчетный створ	Река	A, км <sup>2</sup>	Максимальный расход воды весеннего половодья		
			Q1%	Q10%	Q50%
1	Сегунь	83.0	29.9	19.4	13.4
2	Лопасня	28.8	10.7	6.94	4.8
3	Пахра	20.4	7.80	5.07	3.5
4	Пахра	112	34.0	22.1	15.2
5	Пахра	259	68.2	44.3	30.5
6	Пахра	361	91.1	59.2	40.7
7	Пахра	410	102	66.4	45.7
8	Пахра	1664	330	211	130
9	Лодырка	27.5	10.7	6.96	4.8
10	Сохна	92.8	28.8	18.7	12.9
11	Жилетовка	27.5	10.6	6.90	4.8
12	Моча	17.9	7.72	5.01	3.5
13	Моча	88.6	28.7	18.7	12.9
14	Моча	163	49.8	32.4	22.3
15	Моча	213	61.8	40.2	27.7
16	Моча	313	84.4	54.9	37.8
17	Моча	472	120	78.2	53.8
18	Вороновка	29.1	11.6	7.51	5.2
19	Моча	252	71.1	46.2	31.8
20	Трешня	56.6	19.7	12.8	8.8
21	Лубянка	30.6	11.9	7.73	5.3
22	Десна	198	56.5	36.7	25.3
23	Десна	250	69.4	45.1	31.1
24	Десна	534	133	86.2	59.3
25	Десна	642	156	101	69.8
26	Пахра	921	198	127	78
27	Незнайка	44.6	16.8	10.9	7.5
28	Незнайка	106	34.9	22.7	15.6
29	Незнайка	217	63.8	41.4	28.5
30	Ликова	32.4	13.0	8.47	5.8
31	Ликова	74.3	26.2	17.0	11.7
32	Сосенка	17.4	7.88	5.12	3.5
33	Сосенка	87.6	32.1	20.9	14.4
34	Битца	18.7	8.20	5.33	3.7
35	Нара	962	175	118	72
36	Кременка	126	37.3	24.2	16.7
37	Черничка	21.5	8.61	5.59	3.9
38	Черничка	51.5	18.7	12.2	8.4
39	Черничка	105	34.4	22.4	15.4
40	Десенка	19.3	8.29	5.39	3.7

По полученным значениям можно выделить некоторые закономерности в пространственном распределении. Например, значения среднегодового расхода воды закономерно уменьшаются с северо-запада на северо-восток территории ТиНАО. Для некоторых других показателей сложно установить закономерности по причине большого влияния азональных факторов.

Сопоставление полученных результатов (по статистически обработанным рядам за 1967-2016 гг) с эмпирическими обобщениями, опубликованными в Ресурсах поверхностных вод [1] (полученным на основе

обработки рядов до 1967 г.), свидетельствует о значимом снижении максимальных расходов весеннего половодья (на 30 – 70%), снижении слоя стока весеннего половодья (на 15 – 20%), увеличении расхода воды в период зимней межени (20 – 25%), на фоне незначительного увеличения среднегодового расхода воды (10 – 15%).

### **Список литературы**

1. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 10. Верхне-Волжский. Книга 1. – Л.: Гидрометеиздат, 1973.
2. СП.47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения
3. СП 33-101-2003. Определение основных расчётных гидрологических характеристик
4. <https://stroim.mos.ru>