

УДК 556.5.0.48:519.22

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБЪЕМА СТОКА ПОЛОВОДЬЯ РЕКИ ЕСИЛЬ МЕТОДОМ
РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ****Н.Н. Абаев^{1,2}, Л.М. Биримбаева¹, Т.А. Тілләкәрім^{1,2}, Н.Т.Серікбай^{1,2}**¹*РГП «Казгидромет», г. Нур-Султан, Казахстан*²*Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан**E-mail: abayev_n@meteo.kz*

В исследовании приведены результаты прогнозирования объема стока половодья реки Есиль методом распознавания образов на 1 февраля и 1 марта. В расчетах использованы суточные данные о расходах воды, об объемах на гидрологическом посту р. Есиль – с. Турген, также в качестве предикторов о температуре воздуха, атмосферных осадках, декадные данные о запасах воды в снежном покрове за многолетний период 1980...2018 гг. Результаты показали, удовлетворительное качество прогноза по эффективности и корреляции. Статистический анализ показал достаточно хорошую корреляцию между наблюдаемыми и прогнозируемыми значениями: 0,76 по прогнозу на 1 февраля и 0,80 на 1 марта. В результате исследования выявлено что, прогнозирование по методу распознавания образов на основе данных на 1 марта по качеству показали более точные результаты.

Ключевые слова: объем стока половодья, метод распознавания образов, температура воздуха, атмосферные осадки, запасы воды в снежном покрове, река Есиль

Поступила 26.05.21

DOI: 10.54668/2789-6323-2021-102-3-27-35

ВВЕДЕНИЕ

Паводки, наводнения – стихийные бедствия, сопровождающиеся значительным экономическим и социальным ущербом для страны [17], которые также могут привести к гибели или ухудшению здоровья населения.

С целью предупреждения последствий опасных природных явлений, таких как наводнения, а также для решения задач по использованию и эффективному управлению водными ресурсами региона, необходимо заранее знать режим водных объектов. Особенно важно правильно прогнозировать режим рек в период весеннего половодья, когда на реках проходит большая часть годового стока. Поэтому прогнозирование наводнений является одной из основных задач современной науки [1].

В целом выделяют несколько подходов долгосрочного прогнозирования стока весеннего половодья: воднобалансовые методы, физико-

статистические и статистические методы, а также методы математического моделирования [10]. В оперативной практике гидрологических прогнозов во многих случаях для составления гидрологических прогнозов используют графически представленные зависимости различной сложности и нелинейности [8]. В данной работе использован статистический метод, включающий главным образом корреляцию, в том числе множественную, с отбором предикторов методами просеивания [10].

Ввиду интенсивного развития машинного обучения за последние несколько десятилетия распознавание образов, как и другие отрасли знаний (био-нейроинформатика, автономное управление и искусственный интеллект) получило широкое применение в различных отраслях науки [2].

В гидрологии метод распознавания образов используется в гидрологических расчетах [2] и при

прогнозировании гидрологических процессов [7, 15]. В работе [15] метод распознавания образов применяется для прогноза спада гидрографа весеннего половодья, в результате которого качество прогнозов оценивалось между удовлетворительной и хорошей по отношению средней квадратической ошибки к среднему квадратическому отклонению. Также данный метод нашел применение в прогнозировании образования ледовых заторов на реках [7], который позволяет учитывать этот фактор при составлении прогноза наводнений.

Учитывая алгоритм данного метода, авторами была предпринята попытка разработки методики прогнозирования объема весеннего половодья с применением метода распознавания образов. Так как прогнозирование стока весеннего половодья является важной практической задачей для исследуемого региона, где весенний сток, проходящий в апреле-мае, составляет в среднем около 80...90 % годового стока. Также нужно отметить, что для исследуемой реки весьма характерно крайне резкое изменение водности в течение основного периода их действия – весеннего сезона.

Все это предопределяет необходимость разработки методики прогноза весеннего половодья равнинных рек Казахстана, так как на равнинных реках Казахстана паводки в последние годы стали частым явлением во время весеннего половодья.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Данное исследование произведено на основе многолетних данных объемов стока за половодье для р. Есиль – с. Турген и на основе метеорологических данных МС Аршалы, Родниковское за многолетний период 1980...2018 гг.

Основными предикторами при прогнозировании объема воды являются метеорологические данные минимальных температур воздуха, сумм осадков за различные периоды (с IX по IV месяцы), запасы воды в снежном покрове (S), потенциальное испарение, рассчитанное методом Пенмана-Монтейта [19], стандартизированный индекс осадков (SPEI) [20], увлажненность почвы, рассчитанная по методу Паршина [9], расчетная глубина

промерзания почвы [6].

Сущность метода распознавания образов состоит в определении степени близости конкретной ситуации к характерным ситуациям. Теория распознавания объектов представляет собой раздел информатики, который базируется на разработке основ и методов идентификации предметов, явлений и сигналов. Возможность распознавания основывается на схожести подобных объектов. Несмотря на то, что все явления и предметы не похожи друг на друга, между некоторыми из них всегда можно найти сходства по тому или иному признаку [12]. Под образом подразумевается некоторая упорядоченная совокупность признаков, в нашем случае это предикторы (данные МС). Классом образов называется совокупность объектов с одинаковыми свойствами. Классификатором или решающим правилом называется правило отнесения образа к одному из классов на основании его вектора признаков.

Методы, основанные на сопоставлении, представляют собой наборы векторов признаков каждого класса объектов. Новый образ будет отнесен к тому классу, который окажется наиболее близким, в пределах заранее заданной метрики (градации водной обеспеченности). Подход состоит в поиске минимального расстояния, которое вычисляется при помощи евклидовых норм между векторами признаков неизвестного объекта и векторами прототипа. Вывод о принадлежности объекта к определенной группе происходит по наименьшему из этих расстояний [14].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЯ

Алгоритм прогнозирования методом распознавания образов выполнен следующим образом.

Ряд среднегодовых значений объемов стока за половодье был разбит на группы, согласно водной обеспеченности: I группа $W_i \leq 30$ млн. м³; II группа $30 \text{ млн. м}^3 < W_i \leq 60 \text{ млн. м}^3$; III группа $60 \text{ млн. м}^3 < W_i < 115 \text{ млн. м}^3$; IV группа $115 \text{ млн. м}^3 \leq W_i < 160 \text{ млн. м}^3$; V группа $W_i \geq 160 \text{ млн. м}^3$.

Для каждой из этих групп рассчитаны средние многолетние значения предикторов и их стандартные отклонения (табл. 1).

Таблица 1

Среднемноголетние значения предикторов и их среднеквадратические отклонения

Группа	Параметр	S _I	S _{II}	X _{IX-X}	X _{XI-I}	X _{XI-II}	E _{IX-X}	E _{XI-I}	E _{XI-II}	SPEI _{IX-X}	SPEI _{XI-XII}	SPEI _{XI-I}	U	V _{XI-I}	V _{XI-II}	Y _{II}	Y _{III}	H _{XI-I}	H _{XI-II}	K _{XI-I}	K _{XI-II}
V	\bar{X}	39	47	54	56	71	112	31	43	0.8	1.8	2.1	42	98	113	81	89	1.3	1.5	-0.5	-0.2
	σ	14	13	13	18	20	8	3	3	0.8	1.2	1.0	10	15	17	15	14	0.1	0.1	0.3	0.2
IV	\bar{X}	34	41	52	56	67	112	30	43	0.6	1.4	1.4	40	96	107	74	81	1.3	1.6	-0.5	-0.4
	σ	12	12	15	16	15	10	3	4	0.8	1.3	1.1	12	22	21	18	19	0.1	0.1	0.2	0.3
III	\bar{X}	31	40	46	45	58	123	31	42	-0.4	0.2	0.1	36	81	94	67	77	1.3	1.6	-0.6	-0.4
	σ	11	21	6	15	18	5	4	5	0.7	0.7	1.1	4	15	20	11	21	0.1	0.1	0.2	0.5
II	\bar{X}	28	39	28	37	48	127	32	43	-0.9	-0.8	-0.9	25	62	73	53	64	1.4	1.6	-0.6	-0.6
	σ	15	21	13	15	13	10	5	7	0.6	0.7	0.7	5	15	13	12	18	0.1	0.1	0.3	0.2
I	\bar{X}	30	32	27	42	54	127	32	45	-1.0	-1.0	-1.0	24	65	78	54	56	1.4	1.6	-0.7	-0.6
	σ	10	11	16	6	9	12	3	3	0.9	1.1	1.2	9	12	13	11	16	0.1	0.1	0.2	0.2

Как уже указывалось выше, близость между ситуацией конкретного года и характерной ситуацией группы определялись по так называемому расстоянию между ними.

Используя отобранные предикторы, по фор-

муле 1 произведены расчеты расстояний на 1 февраля для каждой группы водной обеспеченности, и по формуле 2 произведены расчеты расстояний на 1 марта для каждой группы водной обеспеченности:

$$\begin{aligned}
 P_I = & \frac{(S_I - \bar{S}_I)^2}{\sigma_{S_I}^2} + \frac{(X_{IX-X} - \bar{X}_{IX-X})^2}{\sigma_{X_{IX-X}}^2} + \frac{(X_{XI-I} - \bar{X}_{XI-I})^2}{\sigma_{X_{XI-I}}^2} + \frac{(E_{IX-X} - \bar{E}_{IX-X})^2}{\sigma_{E_{IX-X}}^2} + \\
 & + \frac{(E_{XI-I} - \bar{E}_{XI-I})^2}{\sigma_{E_{XI-I}}^2} + \frac{(SPEI_{IX-X} - \bar{SPEI}_{IX-X})^2}{\sigma_{SPEI_{IX-X}}^2} + \frac{(SPEI_{IX-XII} - \bar{SPEI}_{IX-XII})^2}{\sigma_{SPEI_{IX-XII}}^2} + \frac{(U - \bar{U})^2}{\sigma_U^2} + \\
 & + \frac{(V_{XI-I} - \bar{V}_{XI-I})^2}{\sigma_{V_{XI-I}}^2} + \frac{(Y_{XI-I} - \bar{Y}_{XI-I})^2}{\sigma_{Y_{XI-I}}^2} + \frac{(H_{XI-I} - \bar{H}_{XI-I})^2}{\sigma_{H_{XI-I}}^2} + \frac{(K_{XI-I} - \bar{K}_{XI-I})^2}{\sigma_{K_{XI-I}}^2}
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
 P_{II} = & \frac{(S_{II} - \bar{S}_{II})^2}{\sigma_{S_{II}}^2} + \frac{(X_{IX-X} - \bar{X}_{IX-X})^2}{\sigma_{X_{IX-X}}^2} + \frac{(X_{XI-II} - \bar{X}_{XI-II})^2}{\sigma_{X_{XI-II}}^2} + \frac{(E_{IX-X} - \bar{E}_{IX-X})^2}{\sigma_{E_{IX-X}}^2} + \\
 & + \frac{(E_{XI-II} - \bar{E}_{XI-II})^2}{\sigma_{E_{XI-II}}^2} + \frac{(SPEI_{IX-X} - \bar{SPEI}_{IX-X})^2}{\sigma_{SPEI_{IX-X}}^2} + \frac{(SPEI_{IX-I} - \bar{SPEI}_{IX-I})^2}{\sigma_{SPEI_{IX-I}}^2} + \frac{(U - \bar{U})^2}{\sigma_U^2} + \\
 & + \frac{(V_{XI-II} - \bar{V}_{XI-II})^2}{\sigma_{V_{XI-II}}^2} + \frac{(Y_{XI-II} - \bar{Y}_{XI-II})^2}{\sigma_{Y_{XI-II}}^2} + \frac{(H_{XI-II} - \bar{H}_{XI-II})^2}{\sigma_{H_{XI-II}}^2} + \frac{(K_{XI-II} - \bar{K}_{XI-II})^2}{\sigma_{K_{XI-II}}^2}
 \end{aligned} \tag{2}$$

Аналогичным образом рассчитываются «расстояния» между конкретной ситуацией данного года и характерными ситуациями соответственно II, III, IV и V групп водности. Прогнозируется та группа, для которой P_I имеет наименьшее значение.

Расчет значений расстояния

прогнозируемого года производится по формуле (1) на основе метеорологических данных по состоянию на 1 февраля. На основе метеорологических данных по состоянию на 1 марта, значения расстояния рассчитываются по формуле (2) аналогичным путем. Так значение объема стока за половодье прогнозируемого

года должно быть равно или варьироваться, приблизительно в той градации группы водной обеспеченности, которая покажет наименьшее значение расстояния Р1.

Результаты расчетов расстояний

представлены в таблице 2, на примере различных по водности лет, где значения объема стока за половодье прогнозного года будут близки к той группе водной обеспеченности, которые показали наименьшие значения Р.

Таблица 2

Рассчитанные значения расстояний

Год	Принадлежность к группе водной обеспеченности	Расстояние на 1 февраля, Р					Расстояние на 1 марта, Р				
		PV	PIV	PIII	PII	PI	PV	PIV	PIII	PII	PI
1989	II	41,2	27,9	37,9	<u>4,4</u>	14,4	44,9	27,3	31,2	<u>4,4</u>	10,5
2006	I	46,3	32,6	52,9	9,6	<u>5,5</u>	50,5	33,5	44,9	10,5	<u>9,7</u>
2007	III	20,2	17,7	<u>13,0</u>	31,9	43,4	50,3	23,6	<u>16,5</u>	52,8	60,7
2017	V	<u>3,1</u>	3,9	28,8	62,9	53,6	<u>3,7</u>	5,2	19,4	75,9	56,4
2018	IV	6,8	<u>4,5</u>	16,0	37,3	20,8	8,5	<u>4,0</u>	12,2	38,4	20,6

По результатам расчетов можно заметить, что к каждой группе водной обеспеченности соответственно получены наименьшие значения расстояний. К примеру, в 2017 году объем воды весеннего половодья составил 269 млн.м³, что характеризуют год очень многоводным, и относит его к V классу. Рассчитанные значения расстояний по состоянию на 1 февраля и 1 марта показывают соответствующие минимальные расстояния. Таким образом, произведены расче-

ты значений расстояний для всего периода.

По результатам значений расстояний проведен регрессионный анализ и обработка информации об объемах стока за половодье (предиктант) и значениях расстояний Р1 (предикторы), и с помощью полученных коэффициентов переменных X1, X2, X3, X4, X5 и Y-пересечения построены уравнения многомерной регрессии и получены формулы для прогнозирования весеннего половодья на 1 февраля (3) и 1 марта (4):

$$Y = -3,68 \cdot P_1 + 1,80 \cdot P_2 + 0,61 \cdot P_3 + 0,58 \cdot P_4 + 0,17 \cdot P_5 + 117,77, \quad (3)$$

$$Y = -3,68 \cdot P_1 + 2,98 \cdot P_2 + 0,49 \cdot P_3 + 0,58 \cdot P_4 - 0,47 \cdot P_5 + 126,70 \quad (4)$$

Далее подставив значения расстояний для 5-и групп в формулы (3) и (4), рассчитаны прогнозные объемы весеннего половодья на 1 февраля и 1 марта (рис. 6 и 7).

Таким образом, можно дополнительно спрогнозировать объем половодья уже в количественном значении.

Из данных, приведенных на графиках, видно, что объем стока за половодье часто зависит от осенней увлажненности почвы и осадков за осенне-зимний периоды. Чем более увлажнен-

ной ушла под снег почва, тем меньше будет потеря весной в период снеготаяния, вода по промерзшей почве скатывается в русла рек почти без потерь. Но если почва ушла под снег сухой, то какие бы морозы не стояли, в момент снеготаяния вода будет уходить в землю как в песок [13].

Для определения критериев применимости и качества методики принимается $\bar{S}/\bar{\sigma}$, т.е. отношение средней квадратичной ошибки проверочных прогнозов (\bar{S}) к среднему квадратичному отклонению ($\bar{\sigma}$) [5, 16].

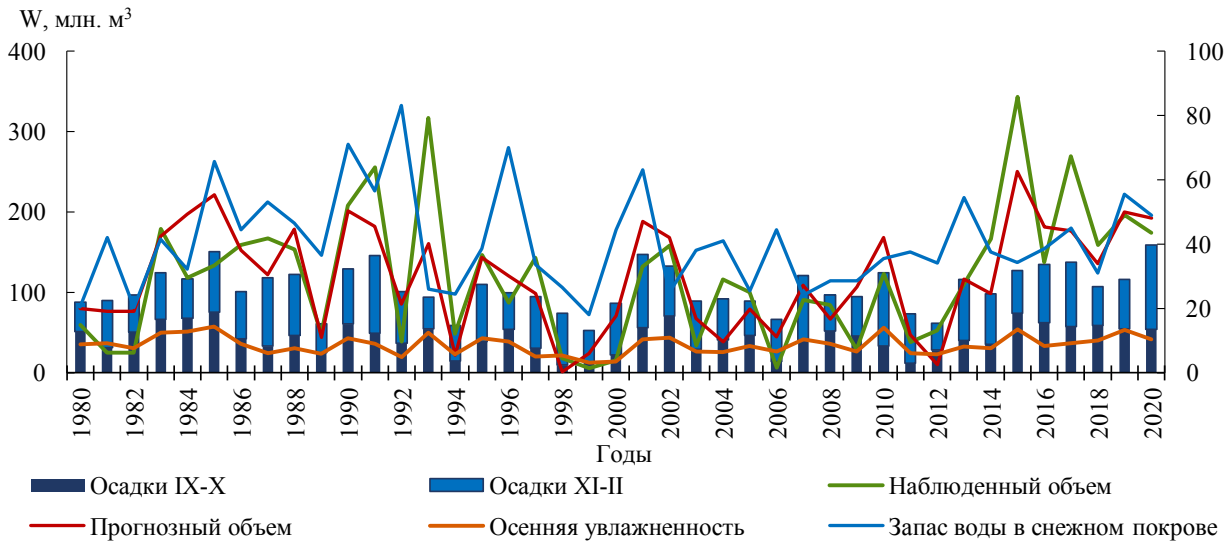


Рис. 1. Наблюдаемые и прогнозные значения объема стока половодья на основе данных по состоянию на 1 февраля.

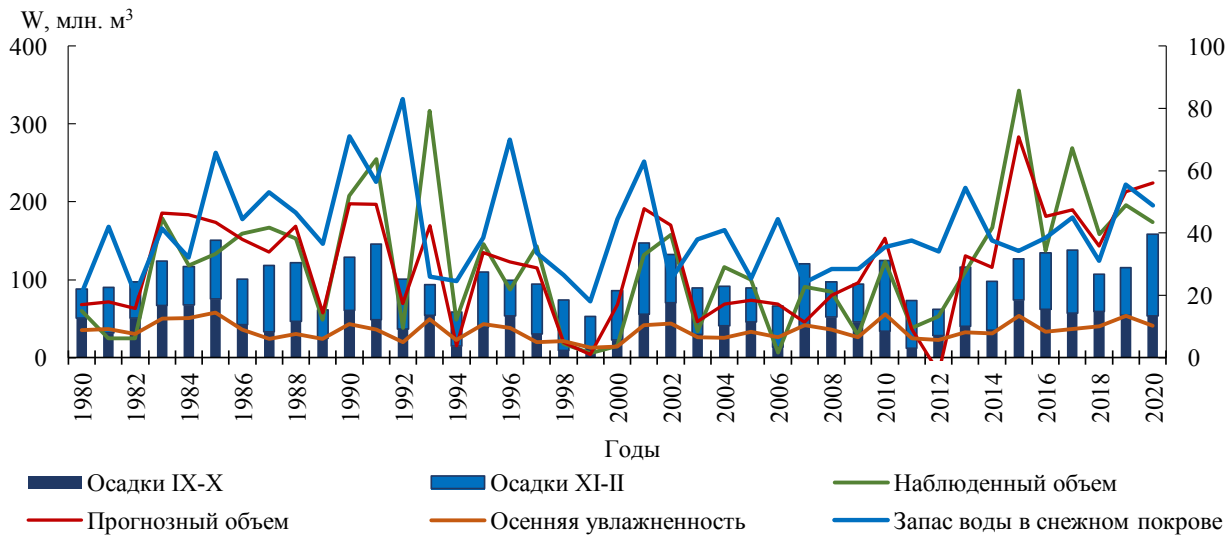


Рис. 2. Наблюдаемые и предсказанные прогнозные значения объема стока половодья на основе данных по состоянию на 1 марта.

Помимо критерия применимости качество прогноза, также было оценено по коэффициенту корреляции (r) и коэффициенту эффективности Нэша-Сатклиффа [18].

Результаты представлены в таблице 3.

Помимо критерия применимости качество прогноза, также оценено по коэффициенту корреляции (r) и коэффициенту эффективности Нэша-Сатклиффа [18], которые представлены в таблице 3.

Таблица 3

Критерии применимости методики при числе проверочных прогнозов более 25 лет

Коэффициенты эффективности	Показатели качества методики		Оценка методики
	1 февраля	1 марта	
S/σ	0,66	0,58	удовлетворительная
r	0,76	0,80	хорошая
NSE	0,58	0,64	удовлетворительная

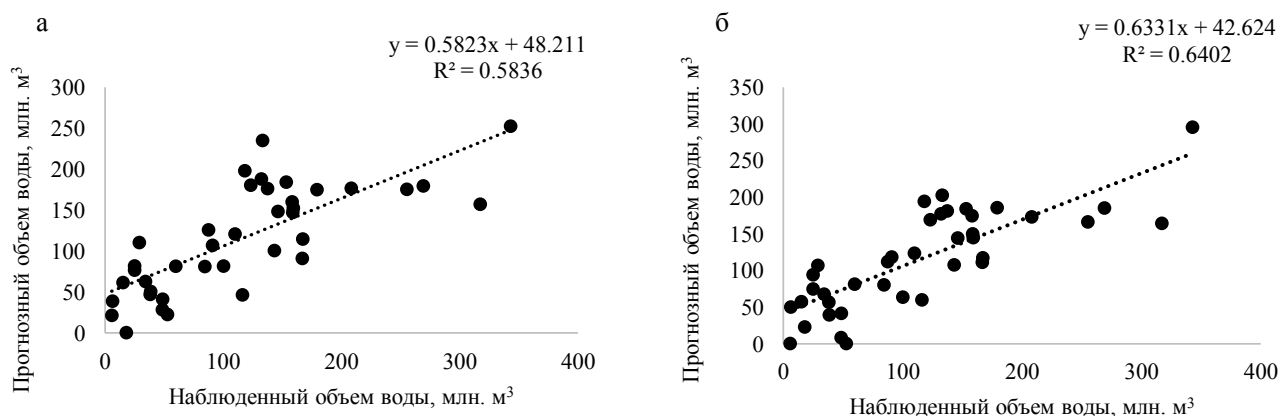


Рис. 3. График связи наблюдаемого и прогнозного объема рассчитанного методом распознавания образов: а – по состоянию на 1 февраля, б – по состоянию на 1 марта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам расчета отношения S/σ , можно сделать вывод что, согласно предельным значениям критерия применимости методики прогноза, метод распознавания образов показал удовлетворительное качество методики.

Прогнозные значения, рассчитанные с помощью уравнений многомерной регрессии показали достаточно близкие значения с фактически наблюдаемыми, с удовлетворительной корреляцией за многолетний период: 0,76 на 1 февраля и 0,80 на 1 марта. И лишь в некоторые многоводные годы прогнозные значения занижены.

Аналогичные результаты показала эффективность по методу Нэша-Сатклиффа составив 0,58 и 0,64 по состоянию на 1 февраля и на 1 марта соответственно.

Проведенные исследования дают основание полагать, что прогнозирование на основе данных по состоянию на 1 марта по качеству показали более точные результаты.

В целом, разработанная методика прогнозирования объемов весеннего половодья методом распознавания образов на примере р. Есиль – с. Турген показало удовлетворительные результаты и рекомендуется при прогнозировании стока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алабян А.М., Зеленцов В.А., Крыленко И.Н., Потрясев С.А., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Оперативное прогнозирование наводнений на основе комплексного

упреждающего моделирования и интеграции разнородных данных // Труды СПИИРАН. – 2015. – Вып.4 (41). – С. 5-33.

2. Айзель Г.В., Гусев Е.М. Применение современных методов машинного обучения для расчетов речного стока с неизученных водосборов // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов IV Всероссийской научной конференции с международным участием. – 2015. – С. 50-53.

3. Борц С.В., Симонов Ю.А., Христофоров А.В., Чупин И.В., Юмина Н.М. Экстрополяция гидрографов как метод краткосрочного прогнозирования стока // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. – 2018. – № 3 (369). – С. 74-86.

4. Вапник В.Н., Червоненкис А.Я. Теория распознавания образов. – М.: Наука, 1980. – 416 с.

5. Давлетгалиев С.К. Статистические методы обработки гидрологической информации: учебник / С.К. Давлетгалиев. – Алматы: Қазақ университеті, 2015. – 276 с.

6. Капотов А.А. Исследование водного режима почвогрунтов зоны аэрации, их промерзания, воднофизических и инфильтрационных свойств. // Труды ГГИ. – 1969. – Вып. 176. – С. 70-103.

7. Малыгин И.В. Методика прогноза образования ледовых заторов на реках на основе территории распознавания образов // Вестник Московского университета. Серия 5. География – 2014. – №3. – С. 43-47.

8. Мухин В.М. Методы прогнозирования притока воды в водохранилища за период весеннего половодья / В.М. Мухин // Труды Гидрометцентра России. Гидрометеорологические

прогнозы. – 2014. – Вып. 351. – 108 с.

9. *Паршин В.Н., Салов М.С.* Весенний сток в бассейне р. Дона и его предвычисления. – Л.: Гидрометеоиздат, 1955. – 103 с.

10. Руководство по гидрологическим прогнозам. Долгосрочные прогнозы элементов водного режима рек и водохранилищ. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – 355 с.

11. Руководство по гидрологической практике / Гидрология: от измерений до гидрологической информации. – ВМО №168. – 6-издание, 2011. – 314 с.

12. Руководящий документ 52.04.306-92 ОХРАНА ПРИРОДЫ. АТМОСФЕРА. РУКОВОДСТВО ПО ПРОГНОЗУ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА ЦКБ ГМП № 306 от 10.03.92

13. СП-33-101-2003 Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004.

14. *Черногорова, Ю.В.* Методы распознавания образов / Ю. В. Черногорова. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2016. – № 28 (132). – С. 40-43. – URL: <https://moluch.ru/archive/132/36964/> (дата обращения: 24.12.2020).

15. *Шаночкин С.В.* Применение распознающих систем в гидропрогнозах // Труды РГГМУ. – 1999. – Вып. 120 – С. 35-40.

16. *Шорохова И.С., Кисляк Н.В., Мариев О.С.* Статистические методы анализа: учебное пособие. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2015. – 300 с.

17. Manual on Flood Forecasting and Warning // WMO-No. 1072. – Geneva, 2011. – 138 p.

18. *Nash J.E. and Sutcliffe J.V.* River flow forecasting through conceptual models, part 1-a discussion of principles // Journal of Hydrology. – 1970. – № 10. – С. 282-290.

19. *Richard G. Allen, Luis S. Pereira, Dirk Raes, Martin Smith.* FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Crop Evapotranspiration. (guidelines for computing crop water requirements). – 300 p.

20. The Standardised Precipitation-Evapotranspiration Index data [electronic resource] URL: <https://spei.csic.es/> (date of request: 03.09.2020).

REFERENCES

1. *Alabyan A.M., Zelentsov V.A., Krylenko I.N., Potryasev S.A., Sokolov B.V., Yusupov R.M.* Operativnoe prognozirovanie navodnenii na osnove

kompleksnogo uprezhdayushchego modelirovaniya i integratsii raznorodnykh dannykh // Trudy SPIIRAN. – 2015. – Vyp.4 (41). – S. 5-33.

2. *Aizel' G.V., Gusev E.M.* Primenenie sovremennykh metodov mashinnogo obucheniya dlya raschetov rechnogo stoka s neizuchennykh vodosborov // Fundamental'nye problemy vody i vodnykh resursov IV Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. – 2015. – S. 50-53.

3. *Borshch S.V., Simonov Yu.A., Khristoforov A.V., Chupin I.V., Yumina N.M.* Ekstropolyatsiya gidrografov kak metod kratkosrochnogo prognozirovaniya stoka // Gidrometeorologicheskie issledovaniya i prognozy. – 2018. – № 3 (369). – S. 74-86.

4. *Vapnik V.N., Chervonenkis A.Ya.* Teoriya raspoznavaniya obrazov. M.: Nauka, 1980. – 416 s.

5. *Davletgaliev S.K.* Statisticheskie metody obrabotki gidrologicheskoi informatsii: uchebnik / S.K. Davletgaliev. – Almaty: Kazak universiteti, 2015. – 276 s.

6. *Kapotov A.A.* Issledovanie vodnogo rezhima pochvogruntov zony aeratsii, ikh promerzaniya, vodnofizicheskikh i infil'tratsionnykh svoistv // Trudy GGI, 1969. – Vyp. 176. – S. 70-103.

7. *Malygin I.V.* Metodika prognoza obrazovaniya ledovykh zatorov na rekakh na osnove territorii raspoznavaniya obrazov // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya – 2014. – №3. – S. 43-47.

8. *Mukhin V.M.* Metody prognozirovaniya pritoka vody v vodokhranilishcha za period vesennego polovod'ya / V.M. Mukhin // Trudy Gidromettsentra Rossii. Gidrometeorologicheskie prognozy. – 2014 – Vyp. 351. – 108 s.

9. *Parshin V.N., Salov M.S.* Vesennii stok v basseine r. Dona i ego predvychesleniya. L.: Gidrometeoizdat, 1955. – 103 s.

10. Руководство по гидрологическим прогнозам. Долгосрочные прогнозы элементов водного режима рек и водохранилищ. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – 355 с.

11. Руководство по гидрологической практике / Гидрология: от измерений до гидрологической информации. ВМО №168, 6-издание, 2011. – 314 с.

12. Рукводыашчии документ 52.04.306-92 OKHRANA PRIRODY. ATMOSFERA RUKOVODSTVO PO PROGNOZU ZAGRYAZNENIYA VOZDUKha TsKB GMP № 306 от 10.03.92

13. SP-33-101-2003 Opređenje osnovnykh raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik. M.: Gosstroj Rossii, FGUP TsPP, 2004.
14. Chernogorova Yu.V. Metody raspoznavaniya obrazov / Yu. V. Chernogorova. – Tekst : neposredstvennyi // Molodoi uchenyi. – 2016. – № 28 (132). – S. 40-43. – URL: <https://moluch.ru/archive/132/36964/> (data obrashcheniya: 24.12.2020).
15. Shanochkin S.V. Primenenie raspoznavayushchikh sistem v gidroprognozakh // Trudy RGGMU. 1999. – Вып. 120. – S. 35-40.
16. Shorokhova I.S., Kislyak N.V., Mariev O.S. Statisticheskie metody analiza: uchebnoe posobie. – Ekaterinburg: Izdatel'stvo Ural'skogo universiteta, 2015. – 300 s.
17. Manual on Flood Forecasting and Warning // WMO-No. 1072. Geneva, 2011. – 138 p.
18. Nash J.E. and Sutcliffe J.V. River flow forecasting through conceptual models, part 1-a discussion of principles // Journal of Hydrology. – 1970. – № 10. – S. 282-290.
19. Richard G. Allen, Luis S. Pereira, Dirk Raes, Martin Smith. FAO Irrigation and Drainage Pa-per No. 56. Crop Evapotranspiration. (guidelines for computing crop water requirements). – 300 p.
20. The Standardised Precipitation-Evapotranspiration Index data [electronic resource] URL: <https://spei.csic.es/> (date of request: 03.09.2020).

ЕСІЛ ӨЗЕНІНІҢ СУ ТАСУ КЕЗІНДЕГІ АҒЫНДЫ КӨЛЕМІН БЕЙНЕЛЕРДІ ТАНЫП БІЛУ ӘДІСІ БОЙЫНША БОЛЖАУ

Н.Н. Абаев^{1,2}, Л.М. Биримбаева¹, Т.А. Тілләкәрім^{1,2}, Н.Т.Серікбай^{1,2}

¹«Қазгидромет» РМК, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан

²Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

E-mail: abayev_n@meteo.kz

Зерттеуде жұмысында 1 ақпан мен 1 наурызға кезеңдеріне арналған бейнелерді тану әдісімен Есіл өзенінің су тасқыны ағысының көлемін болжамдау нәтижелері келтірілген. Есептеулерде өзен ағындысы туралы, Есіл өзені – Турген гидрологиялық бекетіндегі су көлемі туралы деректер, сондай-ақ минималды ауа температурасы, атмосфералық жауын-шашын туралы болжаушылар ретінде, 1980...2020 жылдардағы көпжылдық кезеңдегі қар жамылғысындағы су қоры туралы онкүндік деректер пайдаланылды. Статистикалық талдау байқалған және болжанған мәндер арасындағы жақсы корреляцияны көрсетті: 1 ақпандағы болжам бойынша 0,76 және 1 наурыздағы болжам бойынша 0,80. Зерттеу нәтижесінде 1 наурыздағы мәліметтерге негізделген үлгіні тану әдісі бойынша болжау сапасы бойынша дәлірек нәтижелер көрсетті.

Түйін сөздер: су тасу кезіндегі ағынды көлемі, бейнелерді танып білу әдісі, су өтімі, ауа температурасы, атмосфералық жауын-шашындар, қар жамылғысындағы су қоры

FORECASTING THE VOLUME OF FLOOD RUNOFF OF THE YESIL RIVER USING THE PATTERN RECOGNITION METHOD

N.N. Abayev^{1,2}, L.M. Birimbayeva¹, T.A. Tillakarim^{1,2}, N.T. Serikbay^{1,2}

¹RSE «Kazhydromet», Nur-Sultan, Kazakhstan

²al-Farabi Kazakh National university, Almaty, Kazakhstan

E-mail: abayev_n@meteo.kz

The research presents the results of forecasting the volume of flood flow of the Yesil River by pattern recognition method for 1th february and 1th march 1. The calculations used daily data of water consumption, the volumes at the hydrological post of the river Yesil gauge station Turgen, also as predictors of minimum air temperature, precipitation, decadal data on water reserves in the snow cover for the long-term period 1980...2020. The results showed a satisfactory quality of the forecast in terms of efficiency and correlation. Statistical analysis showed a good correlation between the observed and predicted values: 0.76 according to the forecast for February 1 and 0.80 on March 1. The result of the research, it revealed that the prediction using the image recognition method based on the data for March 1 showed more accurate results in terms of quality.

Keywords: flood runoff volume, pattern recognition method, water discharge, air temperature, precipitation, water reserves in the snow cover