

УДК 551.465.755:519.688

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОТСЧЕТНОГО ГОРИЗОНТА ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ НАГОНОВ НА КАСПИЙСКОМ МОРЕ

Канд. геогр. наук Н.И. Ивкина

В статье анализируются различные варианты определения отсчетного горизонта при исследовании и прогнозировании нагонных явлений на Каспийском море. Приведены корреляционные зависимости для расчета среднего (фонового) уровня моря по уровню воды, измеренному на М Пешной.

Для Каспийского моря, особенно для его северной части, характерны нагонные явления, возникающие под действием ветра. Ветровые колебания уровня воды проявляются сильнее, если существует меньше условий для развития компенсационных течений. Развитие таких течений в северо-восточном Каспии крайне затруднительно из-за его мелководности. Поэтому в этом районе наблюдается наибольший размах ветровых колебаний.

Малые уклоны дна и прилегающей суши этого района создают условия для проникновения штормовых вод далеко вглубь, вызывая затопление больших участков казахстанского побережья и нанося большой урон хозяйственным и промышленным объектам, населению и экологии региона. Причиняемый ущерб может быть значительно снижен путем строительства защитных сооружений, а также заблаговременным предупреждением (прогнозом) о штормовом нагоне.

В настоящее время проходит производственные испытания система оперативного предупреждения о штормовых нагонах. На основе датской технологии MIKE 21 создана гидравлическая модель Каспийского моря, сфокусированная на районы казахстанского побережья [3, 8]. Модель откалибрована и верифицирована на данных о крупных нагонах прошлых лет. Одним из входных параметров этой модели является фоновый или начальный уровень моря. До настоящего времени в вопросе о том, что считать началом отсчета при оценке значений нагонов и сгонов единого мнения не существует.

Предлагаются различные варианты, так А.И. Симонов [6] при определении высоты сгонов и нагонов за фоновый (начальный) горизонт принимает штилевой уровень. Штиль берется по ветру.

Однако необходимо отметить, что не перед всеми нагонами и сгонами отмечаются длительные штили. Кроме того, как следует из табл. 1, штили, по данным М Пешной, не такое частое явление в исследуемом районе. В среднем за год фиксируется только 17 % случаев штилевых периодов.

Таблица 1

Количество штилей по месяцам по М Пешной

| Год | Месяц | | | | | | | | | | | | Сумма |
|-------|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| 1979 | 2 | 5 | 8 | 19 | 9 | 20 | 23 | 23 | 19 | 19 | 5 | 8 | 160 |
| 1980 | 10 | 4 | 5 | 7 | 14 | 25 | 25 | 27 | 21 | 13 | 17 | 7 | 175 |
| 1981 | 12 | 8 | 15 | 17 | 18 | 25 | 30 | 37 | 15 | 16 | 13 | 6 | 212 |
| 1982 | 7 | 5 | 8 | 14 | 17 | 19 | 17 | 21 | 28 | 16 | 15 | 15 | 182 |
| 1983 | 12 | 11 | 15 | 18 | 24 | 22 | 34 | 30 | 21 | 25 | 11 | 18 | 241 |
| 1984 | 3 | 7 | 15 | 22 | 31 | 32 | 33 | 18 | 22 | 20 | 22 | 12 | 237 |
| 1985 | 23 | 13 | 23 | 12 | 28 | 14 | 15 | 25 | 26 | 12 | 18 | 23 | 232 |
| 1986 | 12 | 15 | 14 | 18 | 25 | 21 | 22 | 34 | 19 | 27 | 15 | 11 | 233 |
| 1987 | 12 | 11 | 7 | 19 | 26 | 31 | 27 | 30 | 18 | 27 | 21 | 26 | 255 |
| 1988 | 15 | 14 | 3 | 11 | 12 | 25 | 28 | 27 | 24 | 42 | 23 | 16 | 240 |
| 1989 | 11 | 5 | 25 | 20 | 25 | 26 | 46 | 37 | 35 | 27 | | 20 | 277 |
| 1990 | 25 | 20 | 17 | 26 | 24 | 21 | 36 | 46 | 37 | 34 | 28 | 28 | 342 |
| 1991 | 13 | 27 | 16 | 14 | 25 | 31 | 39 | 40 | 48 | 44 | 46 | 14 | 357 |
| 1992 | 9 | 26 | 16 | 20 | 20 | 27 | 19 | 31 | 33 | 22 | 29 | 33 | 285 |
| 1993 | 22 | 3 | 13 | 21 | 10 | 34 | 27 | 22 | 22 | 33 | 21 | 21 | 249 |
| 1994 | 24 | 21 | 19 | 12 | 14 | 7 | 8 | 16 | 22 | 14 | 21 | 16 | 194 |
| 1995 | 17 | 15 | 8 | 10 | 10 | 25 | 12 | 15 | 17 | 23 | 32 | 15 | 199 |
| 1996 | 35 | 21 | 11 | 18 | 24 | 23 | 24 | 10 | 23 | 29 | 10 | 9 | 237 |
| 1997 | 8 | 19 | 18 | 16 | 12 | 17 | 29 | 25 | 17 | 19 | 15 | | 195 |
| 1998 | | | 11 | 7 | 17 | 21 | 40 | 31 | 25 | 32 | 21 | 33 | 238 |
| 1999 | 30 | 17 | 43 | 22 | 23 | 35 | 44 | 27 | 35 | 26 | 20 | 38 | 360 |
| 2000 | 16 | 17 | 31 | 30 | 22 | 15 | 19 | 21 | 31 | 41 | 26 | 13 | 282 |
| Ср, % | 12 | 11 | 13 | 14 | 16 | 20 | 22 | 22 | 21 | 21 | 16 | 14 | 17 |

М.Н. Костяницын [4] для расчета сгонов и нагонов берет за начальный горизонт среднемесячный уровень, который, по его мнению, прогнозируется. Х.К. Уланов за отсчетный горизонт для сгонно-нагонных колебаний уровня принимает положение уровня моря до начала явления (самое низкое положение при нагоне и самое высокое - при сгоне) [7]. М.М. Архангельский [1] предлагает за отсчетный горизонт принимать средний уровень за 10-15 суток, предшествующих сгону или нагону. Однако, в настоящее время на северо-восточном побережье Каспийского моря регулярно работает только М Пешной. Данная станция находится в устье р. Урал и, естественно, испытывает на себе ее влияние. Использование информации по этой станции дает хорошие результаты для прилегающего к ней района побережья. В то же время Каспийское море является достаточно сложным в физико-географическом отношении объектом. Его условно делят на три части: северную - со средней глубиной 5-6 м и максимальной -15-20 м, среднюю - со средней глубиной 190 м и южную - наиболее глубоководную часть Каспийского моря с глубинами, достигающими 1000 м [2]. Соответственно и гидродинамические процессы развиваются по-разному. На рис.1 отчетливо видно, что ход уровня по М Пешной отличается от среднего (фонового) уровня моря, рассчитанного по четырем станциям, расположенным в средней и южной частях моря, а именно по М Баку, Махачкала, Туркменбаши и Форт-Шевченко. Следовательно, при расчете высоты нагонной волны в пунктах, расположенных в других районах моря, использование данных об уровне воды по М Пешной может привести к ошибкам.

Поэтому для исследования нагонов в различных частях моря целесообразно использовать рекомендации М.М. Рогова [1]. Он рекомендует принимать за отсчетный горизонт для сгонов и нагонов фоновый уровень моря, т.е. длиннопериодные колебания уровня моря, которые определяются водообменом и атмосферными процессами и на которые накладываются более кратковременные колебания. При этом высота сгонов и нагонов зависит от того, на каком уровне они происходят.

Как было отмечено выше, наблюдения за гидродинамическими процессами на северо-восточном побережье регулярно ведет только М Пешной. Поэтому для определения фонового уровня моря (H_{cp}), т.е. выбранного отсчетного горизонта, были выявлены корреляционные зависимости от уровня воды по М Пешной (H_n) за различные периоды года,

которые приведены на рис. 2 и 3. Как показал анализ этих зависимостей, преобладающее большинство точек на всех графиках отклоняются от линии связи в допустимых пределах. Кроме того, были рассчитаны статистические характеристики - коэффициент корреляции (R), среднеквадратическое отклонение (δ), допустимая погрешность ($\delta_{\text{доп}}$), среднеквадратическая ошибка прогноза (S), критерий применимости и качества прогнозов S/δ . Поскольку все уравнения носят линейный характер, то при расчете величины S число степеней свободы принималось равное 2. Результаты оценки представлены в табл. 2.

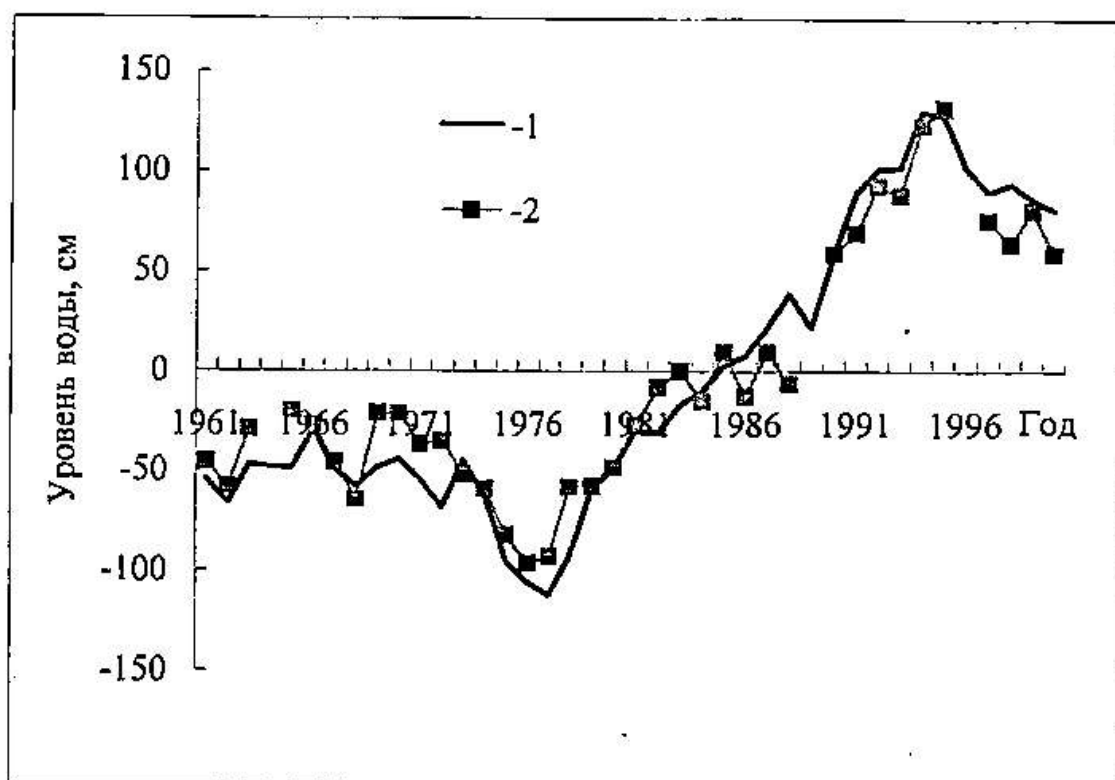


Рис. 1. График хода среднегодовых уровней моря. 1 - средний уровень, рассчитанный по М Баку, Махачкала, Туркменбаши и Форт-Шевченко; 2 - уровень воды по М Пешной.

Таблица 2

Корреляционные уравнения для расчета фонового уровня моря

| Месяц | Уравнение | R | $\pm\delta$ | $\pm\delta_{\text{доп}}$ | S/ δ |
|---------|--|------|-------------|--------------------------|-------------|
| Январь | $H_{\text{ср.01}} = 1,05H_{\text{п.12}} - 3,91$ | 0,96 | 68,53 | 46,19 | 0,23 |
| Февраль | $H_{\text{ср.02}} = 1,06 H_{\text{п.01}} - 7,61$ | 0,95 | 68,19 | 45,96 | 0,24 |
| Март | $H_{\text{ср.03}} = 1,03 H_{\text{п.02}} - 6,09$ | 0,91 | 66,61 | 44,90 | 0,32 |
| Апрель | $H_{\text{ср.04}} = 1,08 H_{\text{п.03}} + 5,50$ | 0,89 | 66,00 | 44,49 | 0,36 |

| Месяц | Уравнение | R | $\pm\delta$ | $\pm\delta_{\text{доп}}$ | S/ δ |
|----------|---|------|-------------|--------------------------|-------------|
| Май | $H_{\text{ср.05}} = 1,05 H_{\text{п.04}} + 0,28$ | 0,86 | 63,82 | 43,02 | 0,40 |
| Июнь | $H_{\text{ср.06}} = 1,04 H_{\text{п.05}} - 23,32$ | 0,80 | 61,96 | 41,76 | 0,50 |
| Июль | $H_{\text{ср.07}} = H_{\text{п.06}} - 17,21$ | 0,86 | 63,93 | 43,09 | 0,41 |
| Август | $H_{\text{ср.08}} = 1,06 H_{\text{п.07}} - 6,77$ | 0,93 | 69,27 | 46,68 | 0,27 |
| Сентябрь | $H_{\text{ср.09}} = 1,07 H_{\text{п.08}} - 3,81$ | 0,94 | 68,98 | 46,49 | 0,26 |
| Октябрь | $H_{\text{ср.10}} = 1,06 H_{\text{п.09}} - 4,87$ | 0,93 | 66,73 | 44,98 | 0,28 |
| Ноябрь | $H_{\text{ср.11}} = 1,05 H_{\text{п.10}} - 4,24$ | 0,91 | 66,54 | 44,85 | 0,32 |
| Декабрь | $H_{\text{ср.12}} = 1,13 H_{\text{п.11}} - 1,84$ | 0,95 | 68,53 | 46,19 | 0,23 |

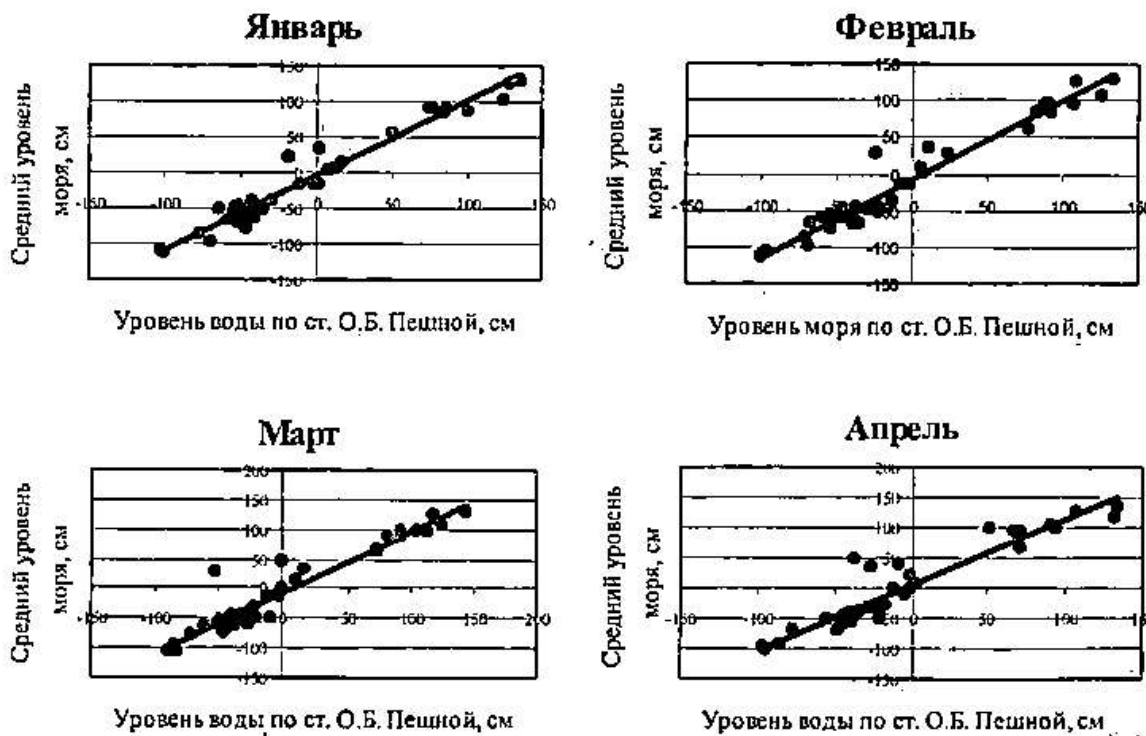


Рис. 2. Корреляционные зависимости уровня воды по М Пешной со средним уровнем моря за период с января по апрель.

Как видно из табл. 2, предложенные уравнения характеризуются значениями отношения среднеквадратической ошибки прогноза (S) и среднеквадратического отклонения в пределах от 0,23 до 0,50. Обеспеченность составляет от 85 до 97 %. Коэффициент корреляции находится в пределах от 0,80 до 0,96. В соответствии с Наставлением по службе прогнозов [5], полученные критерии свидетельствуют о достоверности пред-

ложенных уравнений и позволяют рекомендовать их для расчета среднего уровня Каспийского моря.

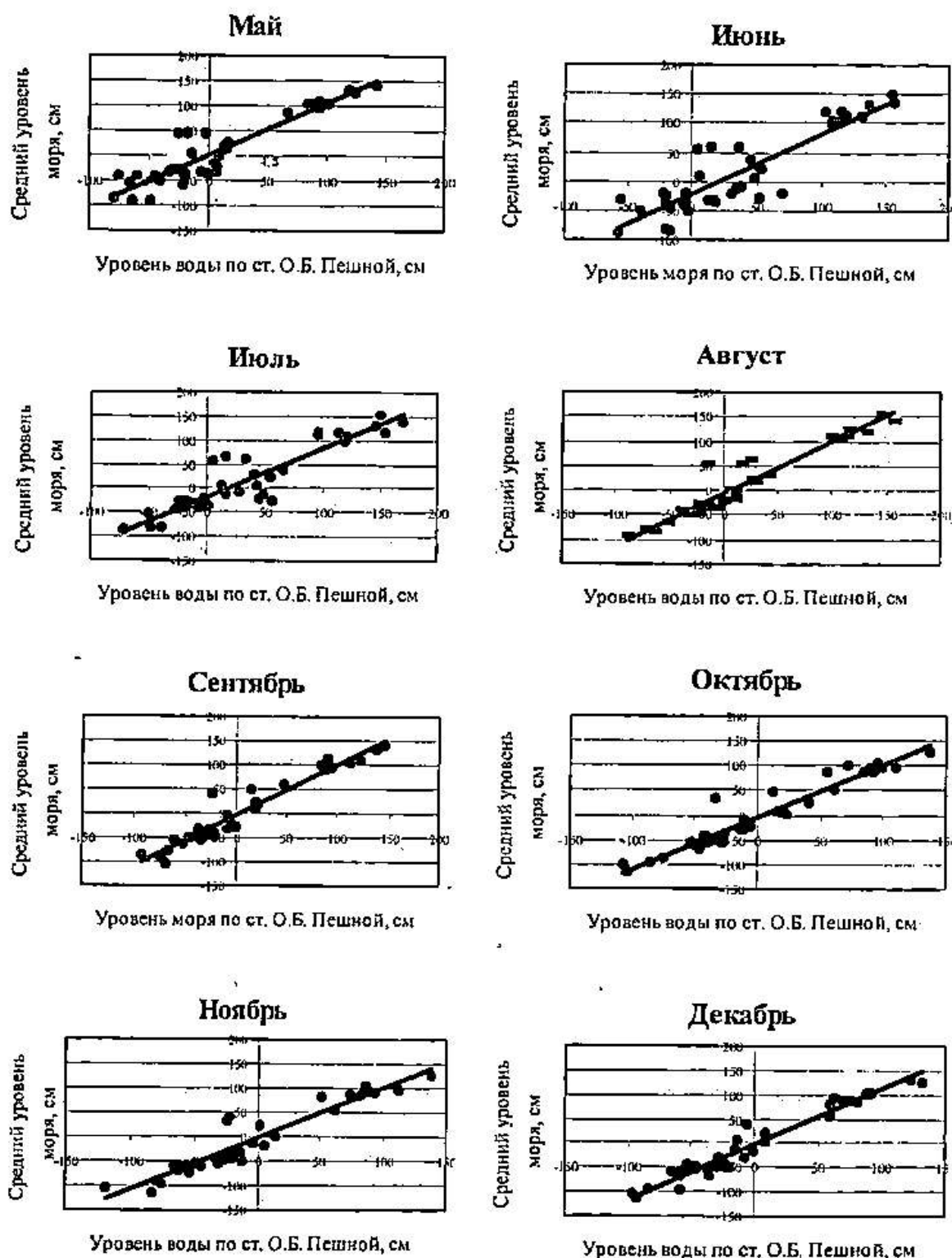


Рис. 3. Корреляционные зависимости уровня воды по М Пешной со средним уровнем моря за период с мая по декабрь.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архангельский М.М. Сгонно-нагонные явления в устьях рек, впадающих в моря без приливов // Труды ГОИН. - 1965. - Вып. 28/40. - С. 46-63.
2. Гидрометеорология и гидрохимия морей том IV. Каспийское море, вып.1. Гидрометеорологические условия.- Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат.- 1992.- 359 с.
3. Ивкина Н.И., Строева Т.П., Васенина Е.И. и др. К вопросу о создании батиметрической модели Каспийского моря // Гидрометеорология и экология. - 1997. - N 2. - С.103 - 109.
4. Костяницын М.Н. Сгонно-нагонные колебания уровня воды в Бугском лимане // Труды ГОИН. - 1962. - Вып. 66. - С. 67-75.
5. Наставление по службе прогнозов.- Л.: Гидрометеорологическое издательство. - 1962. - 193 с.
6. Симонов А.И. Оценка влияния сгонно-нагонных явлений на величину среднегодового уровня (на примере Азовского моря) // Труды ГОИН.- 1961.- Вып. 61.- С. 39-40.
7. Скриптунов Н.А., Ган Г.Н. Проникновение кратковременных колебаний уровня моря в устье Невы // Труды ГОИН. - Вып. 78. - 1964. - С. 40 - 64.
8. Шиварева С.П., Ивкина Н.И., Строева Т.П. Создание модели предупреждения экологических кризисов в период сгонно-нагонных явлений на казахстанском побережье Каспийского моря // Промышленная экология и охрана водных экосистем: Сборник статей конференции.- 1997.- С. 43-49.

Научно-производственный Гидрометцентр РГП «Казгидромет»

КАСПИЙ ТЕҢІЗІНДЕГІ СУ ДЕҢГЕЙІНІҢ КӨТЕРІЛУІН БОЛЖАУ КЕЗІНДЕ ЕСЕПТЕУ КӨКЖИЕГІН АНЫҚТАУ МӘСЕЛЕСІНЕ

Геогр. ғылымд. канд. Н.И. Ивкина

Мақалада Каспий теңізіндегі су деңгейінің көтерілуін зерттеу және болжау кезінде есептеу көкжиегін анықтаудың бірнеше нұсқасы талданады. Пеишя М олиенген су деңгейі бойынша орташа (фондық) теңіз деңгейін есептеуге арналған корреляциялық тәуелділіктер келтірілген.