

PAP 213

United States Department of the Interior
Bureau of Reclamation
Engineering and Research Center

HYDRAULICS BRANCH
OFFICIAL FILE COPY

WHEN BORROWED RETURN PROMPTLY

Translation No. 851

XX

ICE-JAM PHENOMENA ON THE VOLGA NEAR CHERNYI IAR
(Zashornye iavleniia na Volge u Chernogo Iara)

By

V. V. Perzhinskii

Translated from the Russian: Meteorologiya i Gidrologiya
No. 8, pp 79-83, 1970

By

D. L. King
Division of General Research
Office of Research

XX

Engineering Reference Branch
Library Section
Denver, Colorado
May 1971

Translation No. 851

PAP 213

UNITED STATES
DEPARTMENT OF THE INTERIOR
BUREAU OF RECLAMATION
ENGINEERING AND RESEARCH CENTER

ICE-JAM PHENOMENA ON THE VOLGA NEAR CHERNYI IAR
(Zashornye iavleniia na Volge u Chernogo Iara)

By

V. V. Perzhinskii

Translated from the Russian: Meteorologiya i Gidrologiya
No. 8, pp 79-83, 1970

By

D. L. King
Division of General Research
Office of Research

Note: This is a working translation

Engineering Reference Branch
Denver, Colorado
May 1971

ABSTRACT

Construction of the Volga Powerplant and formation of the Volgograd Reservoir on the Volga River in the USSR have caused severe ice jam problems on a reach of the river near the village of Chernyi Iar. The ice jams have caused flooding resulting in appreciable property damage. Mechanism of the ice jam formation, with a comparison of conditions before and after construction of the powerplant, is described. Detailed observations of ice jams during eight separate winter seasons are tabulated and cross sections of an ice jam in January 1969 are shown. The effects of variable discharge and discharges above natural wintertime levels are described.

DESCRIPTORS--/ floating ice/ *ice jams/ rivers/ flooding/ hydro-electric powerplants/ reservoirs/ *field data/ river currents/ *river barriers/ winter/ foreign research/ hydraulic/ hydrology/ discharges/ ice cover/ ice pressures/ field investigations/ downstream/ afterbays/ ice formation/

IDENTIFIERS--/ *Volga River/ USSR

ICE-JAM PHENOMENA ON THE VOLGA NEAR CHERNYI IAR 1/

By

V. V. Perzhinskii

Ice jams on the Volga River near the village of Chernyi Iar (200 km from Volgograd) 2/ formerly were not observed every year. One year the place of formation was noted 5 km upstream from the gaging station, another year 3 km downstream. The rise in the water level in these cases was usually within the range of 30 to 45 cm. The largest ice jam was observed in 1936 during which the rise in the water level was 1 m 20 cm, lasting for a period of 6 to 10 days.

With the construction of the Volga Powerplant named for the XXII Congress of the Communist Party of the Soviet Union and the formation of the Volgograd Reservoir, the ice-thermal conditions of the Volga were changed in this reach (Reference 2), bringing about a change in the discharge regime and the water level (Figure 1) and also significant changes in the character of the ice jam phenomena. Instead of the usual smooth development of the ice jam phenomena region, severe ice jam phenomena occurred. At the present time, ice jams on this reach occur annually for continuous periods from 57 to 130 days (Table 1).

1/ Translator's note: All proper nouns in this article are transliterated by Library of Congress system. U.S. Board on Geographic Names writes Chernyi Yar.

2/ Translator's note: Volgograd is the new name for Stalinograd. The Volga powerplant mentioned was formerly called Stalinograd powerplant.

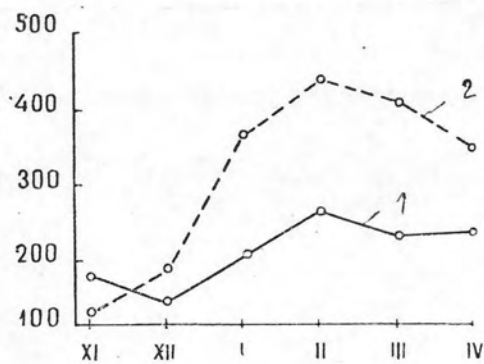


Figure 1. Mean monthly levels and discharge in the Volga River at Chernyi Iar in the fall-winter period before (1) and after (2) construction of the Volga Hydropowerplant named for the XXII Congress of the Communist Party of the Soviet Union.

Table 1

Duration of Ice Jams and the Highest Water Level
During Ice Jams at the Village of Chernyi Iar

<u>Period</u>	<u>Beginning of ice jam (day, mo)</u>	<u>End of ice jam (day, mo)</u>	<u>Duration of ice jam in days</u>	<u>Water level before ice jam</u>	<u>Water level after ice jam</u>	<u>Maximum rise in water level</u>
<u>In cm above zero on the graph</u>						
1961-1962	20 XII	14 III	83	176	415	239
1962-1963	17 XII	16 III	89	224	600	376
1963-1964	10 XII	13 IV	124	150	450	300
1964-1965	5 I	6 IV	91	150	498	348
1965-1966	12 I	10 III	57	175	590	415
1966-1967	13 XII	13 IV	121	100	475	375
1967-1968	9 I	15 IV	96	75	436	361
1968-1969	9 XII	18 IV	130	106	525	419

Ice cover on the lower Volga under usual conditions was established from north to south. With the beginning of operation of the hydro-plant and the formation of the reservoir, the ice cover forms at the south end with gradual migration of the edge of the ice cover upstream toward the hydropowerplant dam.

The edge of the ice cover at Chernyi Iar becomes an obstacle, preventing free movement of the ice and sludge ice from the upstream part of the river. Accumulation of sludge ice, subsurface ice, and broken ice most often is observed along the left bank which

is relatively shallow, with the ice occupying two-thirds of the width of the river; the remaining part of the river in the early stages was characterized by an insignificant quantity of sludge ice. Part of the ice material (broken ice or separate floes) drops under the ice cover forming an underflow and piling. The ice jam accumulated in this reach is of significant size; with a length of 4 to 10 km, a thickness of 5 m and greater. The downstream nose of the ice jam is usually located 3 km below the gaging station at Chernyi Iar and its tail 1 to 7 km above the gaging station. The surface of the ice over the entire ice jam as a rule is characterized by piling up of frozen-together ice floes and an extremely irregular ice cover. As a result of the movement, the hummocks on the ice surface increase. Along the shores and especially at the islands located near the left bank, piles of ice higher than 3.0 m are formed.

The ice jam is most frequently formed during the second half of December, rarely at the beginning of January. The ice jam is most dense in December and January. During this time there is a general rise in water level. In February and March there occurs a redistribution of the sludge ice and subsurface ice along the entire length of the ice jam. In particular, there occurs a subsurface thawing of the ice, part of which is transported along the bottom with the current and part of which goes to an increase in the total thickness of the ice. During this period, the water level drops. The character

of the surface of the river during the ice jam is seen in Figures 2 and 3, and the accumulated ice under the ice cover is shown on Figures 4, 5, and 6.

With breakup of the ice cover, which is most frequently observed from the end of March through the first half of April, even the ice jam is broken up. In the springtime, with complete clearing of the ice, a sharp drop in the water level occurs at the gaging station at Chernyi Iar.

The most significant rise in water level during the winter due to the formation of the ice jam at Chernyi Iar is observed during the period of establishment of the ice cover (see Table 1).

Above the location of the ice jam, the rise in water level occurs rapidly in stages due to the movement of the ice. During movement, the edge of the ice cover is pushed downstream along the river for a distance of 300 to 500 m (sometimes up to 1 km) and is compacted; the nose of the ice jam remains in place. The movement most frequently is observed at the location of formation of the ice-jam phenomena in a significant reach of the river with a length of 3 to 4 km.

One to two migrations are most frequently observed. During the period of such large relocations of the ice material, the jam is compacted and a rapid rise in water level occurs from 1.0 to 1.5 m.



Figure 2. The head of the ice jam 3 km below the gaging station at Chernyi Iar. Weak hummocking of the ice cover downstream from the ice jam. January 1969.



Figure 3. Condition of the surface of the ice cover of the ice jam at Chernyi Iar. January 1969.

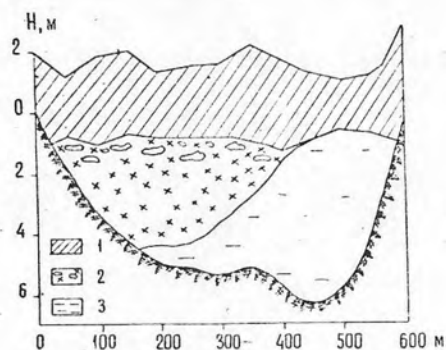


Figure 4. Cross-section profile of the jammed ice accumulation in the Volga River 3 km below the gaging station at Chernyi Iar (head of the ice jam) according to measurements made on January 17, 1969; 1 - ice, 2 - sludge, broken ice, 3 - water.

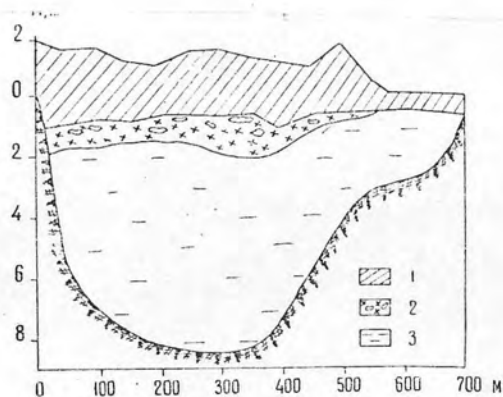


Figure 5. Cross-section profile of jammed ice accumulation 1 km above the head of the ice jam at Chernyi Iar according to measurements made on January 19, 1969; 1 - ice, 2 - sludge, broken ice, 3 - water.

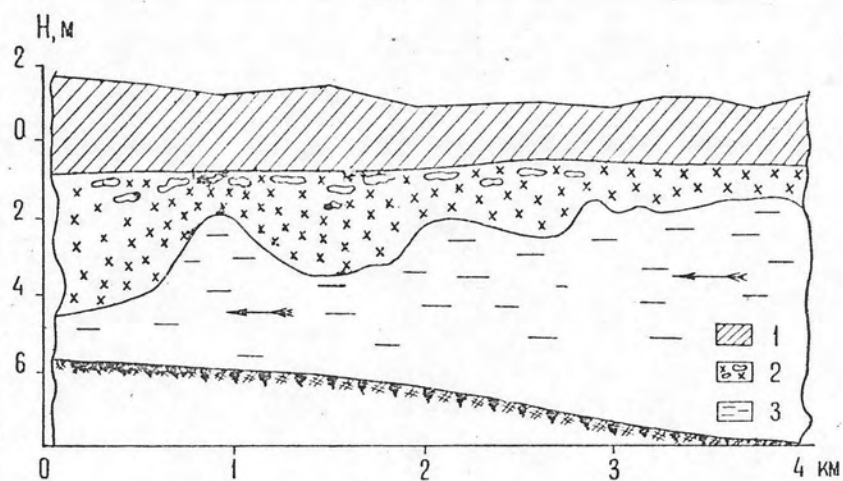


Figure 6. Jammed ice accumulation along the length of the Volga River at Chernyi Iar according to measurements made on January 18, 1969; 1 - ice, 2 - sludge, broken ice; 3 - water.

On the Volga in the region of the gaging station at Chernyi Iar, annually is observed a significant sludge formation in the stream. In the fall-winter period of 1968 and 1969, the sludge formation was especially noticeable and lasted until April.

Measurement of the thickness of the ice and sludge under the ice, conducted on January 17, 1969, along transverse Cross Section No. 1 (Figure 4), showed that the flowing part of the section occupied approximately 35 percent of the area and the layer of ice with sludge and broken ice reached, in places, a thickness of 5 m. Up to this point in time, under the ice was observed a dense layer of sludge, subsurface ice, and broken ice, that formed a fish-shaped load with a mass of 15 kg around the current meter and gradually sank to some depth.

The thickness of the ice in the area of the ice jam was unequal and varied from 0.6 m at the right bank to 1.4 m at the left bank. Separate measurements at the head of the ice jam revealed a significant thickness of submersed ice (around 1.80 m). Hummocks were observed over the entire 7 km length of the ice jam, with a height of 1.4 to 1.8 m, although at the tail they were only 1.0 m high.

Measurements of the flow velocity at Cross Section No. 1 taken on January 17, 1969, showed that the highest velocity of 0.8 m/sec was observed along the right bank where there was no sludge. In the

middle, where a significant layer of sludge and broken ice was observed under the ice, the largest velocity (0.9 m/sec) was observed in the bottom layer, decreasing towards the interface between the water and the sludge.

Moving upstream along the length of the ice jam, the accumulation of sludge, trapped water, and broken ice is reduced (Figure 5).

Several observations were taken across Cross Section No. 2, 4 km above the head of the ice jam, where lesser accumulations of sludge, trapped water, and broken ice were noticed (Figure 6).

Maximum flow velocity in this reach was also observed at the center and at the bottom (0.6 to 0.8 m/sec), while at the surface and at the banks, velocities were 0.1 to 0.3 m/sec.

From the inspection of the ice jam on March 24, 1969, (about 2 weeks before ice movement), it was found that the thickness of the ice at the head of the ice jam increased along Cross Section No. 1 by 30 to 45 cm; sludge, trapped water, and broken ice were not observed.

A significant increase in the water level at the time of formation of the ice jam at Chernyi Iar resulted in appreciable material damage. So, with an increase in water level, the river flooded out onto the Volga-Akhtubinsk flood plain as a result of which agricultural lands

and livestock farms suffered, and building and several industrial undertakings along the left bank near the city of Akhtubinsk were inundated.

Formation of the ice jam in the fall-winter period in this reach occurred during unstable weather and unequal discharges from hydroelectric plants (the maximum water discharge) within a 24-hour period was usually $13,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ at the time of the morning and evening peaks, and the minimum water discharge was as low as $1,000 \text{ m}^3/\text{sec}$). The unequal discharges create large daily variations in the water level (up to 1.5 m) and with a weak ice cover cause destruction of the ice and transport downstream.

In addition, one of the basic factors causing formation of the ice jam is the very much larger discharge of water in the lower Volga in the fall-winter than under ordinary conditions. With an increase in discharge, the velocity of flow increases as a result of which the ice floes freeze together more slowly and more of them are carried under the ice cover, creating a greater probability for formation of an ice jam.

BIBLIOGRAPHY

1. Berdennikov, V. P., "Physical Characteristics of Ice Blocking and Ice Jams," Tr GGI, No. 129, 1965
2. Goriunov, I. V. and Perzhinskii, V. V., "Changes in the Ice-Thermal Conditions of the Lower Volga in Connection with Construction of the Volga Hydroplant Named for the XXII Congress of the Communist Party of the Soviet Union and the Formation of the Volgograd Reservoir," Gidrotech. No. 1, 1968
3. Goriunov, I. V. and Perzhinskii, V. V., "Ice-Thermal Regime of the Lower Volga After Construction of the Volga Hydroplant and Formation of the Volgograd Reservoir," Miterologia i. Gidrologiia, No. 7, 1967
4. Liser, I. Ia., "Springtime Ice-Blockages on Siberian Rivers," Gidrometeoizdat, 1967
5. "Stalingrad Hydropowerplant on the Volga River," Technical Plan, v. 5, Moscow, 1966

Ice jam phenomena on the Volga near Cherny Yar Зажорные явления на Волге у Черного Яра

В. В. Пержинский

УДК 551.326.83(471.4)

Зажоры льда на р. Волге у с. Черный Яр (200 км от Волгограда) наблюдались раньше не ежегодно. Места их образования отмечались в одни годы в 5 км выше водомерного поста, в другие — в 3 км ниже его. Повышение уровня воды при этом бывало обычно в пределах 30—45 см. Наибольший зажор наблюдался в 1936 г. с подъемом уровня воды на 1 м 20 см, продолжительность этих явлений бывала 6—10 дней.

С сооружением Волжской ГЭС им. XXII съезда КПСС и образованием Волгоградского водохранилища изменился ледово-термический режим Волги на этом участке [2], произошли изменения в режиме расходов и уровней воды (рис. 1), а также значительные изменения в характере зажорных явлений. Спокойное установление ледостава в бытовых условиях в этом районе сменилось мощными зажорными явлениями. Теперь зажорные скопления льда на этом участке происходят ежегодно с продолжительностью от 57 до 130 дней (табл. 1).

Таблица 1
Продолжительность зажора и наивысшие уровни воды при зажорах у с. Черный Яр

Период	Начало зажора	Конец зажора	Продолжительность зажора в днях	Отметка уровня воды до зажора	Отметка уровня воды после зажора	Максимальный подъем уровня воды
				в сантиметрах над нулем графика		
1961—1962 г.	20 XII	14 III	83	176	415	239
1962—1963 г.	17 XII	16 III	89	224	600	376
1963—1964 г.	10 XII	13 IV	124	150	450	300
1964—1965 г.	5 I	6 IV	91	150	498	348
1965—1966 г.	12 I	10 III	57	175	590	415
1966—1967 г.	13 XII	13 IV	121	100	475	375
1967—1968 г.	9 I	15 IV	96	75	436	361
1968—1969 г.	9 XII	18 IV	130	106	525	419

Ледостав на Нижней Волге в бытовых условиях устанавливался с севера на юг. С начала эксплуатации ГЭС и с образованием водохранилища ледостав устанавливается на юге с постепенным перемещением кромки ледостава вверх, к плотине ГЭС.

Кромка ледостава у Черного Яра становится преградой, препятствующей свободному прохождению льда, шуги с вышележащих участков реки. Скопление шуги, внутриводного и битого льда чаще всего наблюдается вдоль левого, относительно мелко-

водного берега и занимает две трети ширины реки; остальная часть в начальный период характеризуется незначительным количеством шуги. Часть ледового материала (битый лед, отдельные льдины) попадает под ледяной покров, образуют подсывы и нагромождения. Зажорные скопления льда на этом участке имеют значительные размеры: длина их 4—10 км, толщина 5 м и более. Голова зажора обычно располагается в 3 км ниже водомерного поста Черный Яр, а хвост его — выше поста на 1—7 км. Поверхность льда на всем зажорном участке, как правило, характеризуется нагромождением смерзшихся льдин и большой не-

равномерностью ледяного покрова. В результате подвижек увеличивается торосистость поверхности льда. Вдоль берегов, и особенно на островах, расположенных вдоль левого берега, образуются навалы льда, достигающие высоты более 3,0 м.

Зажорные скопления льда чаще всего образуются во второй половине декабря, реже в начале января. В декабре и январе зажор наиболее плотный. В это время общий ход уровня воды имеет подъем. В феврале и марте происходит перераспределение шуги и внутриводного льда по всей длине зажора. Частично идет подтаивание подо льдом, часть его транспортируется вниз по течению, часть идет на нарастание общей толщины льда. В этот период общий ход уровня воды имеет вид падения.

Характер поверхности реки при зажоре виден на рис. 2, 3, а скопление льда под ледяным покровом — на рис. 4, 5, 6.

С разрушением ледостава, которое чаще всего наблюдается в конце марта — первой половине апреля, разрушаются и зажорные скопления льда. Весной, в период полного очищения от льда, происходит резкое падение уровня воды на водомерном посту Черный Яр.

Наиболее значительные подъемы уровня воды в течение зимы из-за образования зажора у Черного Яра наблюдаются в период установления ледостава (см. табл. 1).

Выше места зажора происходит подъем уровня воды быстро и скачками из-за подвижек льда. При подвижках кромка ледостава опускается вниз по реке на 300—500 м (иногда до 1 км) и уплотняется, голова зажора остается на месте. Подвижки чаще всего наблюдаются в месте образования зажорного явления на значительном участке реки длиной 3—4 км.

Чаще всего наблюдается 1—2 подвижки. В период таких больших перемещений ледового материала зажор уплотняется и происходит быстрый подъем уровня воды на 1,0—1,5 м.

На Волге, в районе водомерного поста Черный Яр ежегодно наблюдается значи-

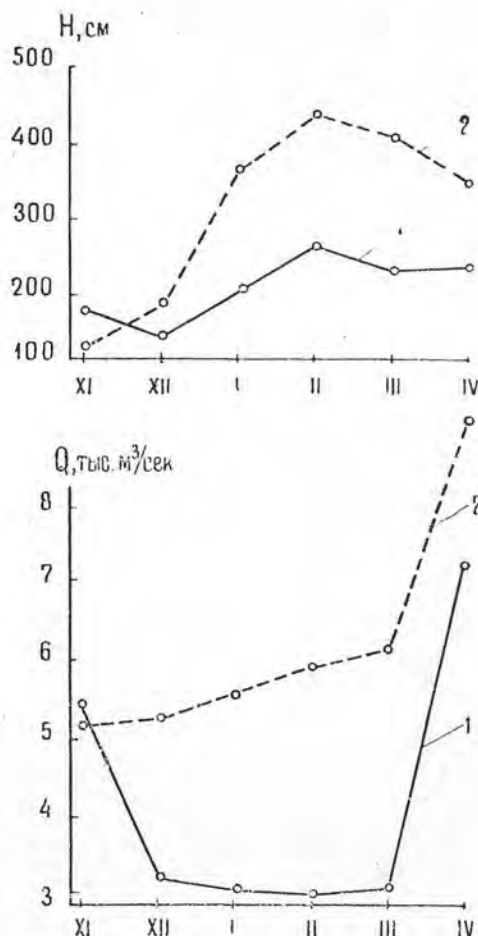


Рис. 1. Среднемесячные уровни и расходы воды р. Волги у с. Черный Яр в осенне-зимний период до (1) и после (2) сооружения Волжской ГЭС им. XXII съезда КПСС.

тельная зашугованность русла. В осенне-зимний период 1968—1969 г. зашугованность была особенно заметной и сохранялась до апреля.

Промеры толщины льда и шуги подо льдом, произведенные 17 января 1969 г. по поперечному профилю № 1 (рис. 4), показали, что живое сечение занимало примерно 35% площади, а слой льда с шугой и битым льдом достигал местами толщины 5 м. Подо льдом наблюдался настолько плотный слой шуги, внутриводного и битого льда, что рыболовный груз массой 15 кг вместе с речной вертушкой приходилось рывками проталкивать на глубину.

Толщина льда в районе зажора была неравномерной и изменялась от 0,6 м у правого берега до 1,4 м у левого. Отдельные замеры в головной части зажора отмечали значительную толщину погруженного льда (порядка 1,80 м). На всем зажорном участке протяжением 7 км наблюдались торосы высотой 1,4—1,8 м, в хвостовой части зажора они были около 1,0 м.

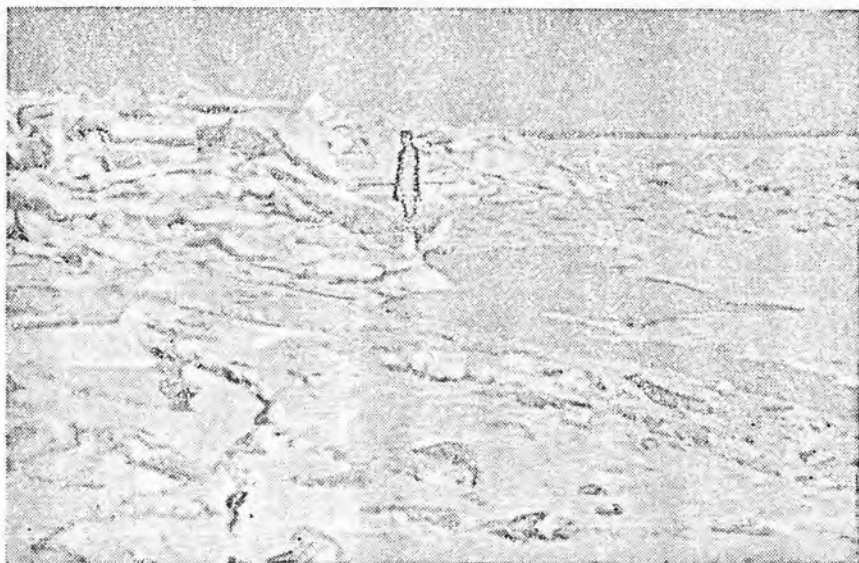


Рис. 2. Голова зазора в 3 км ниже воломерного поста
Черный Яр. Ниже зазора слабо торосистый ледостав.
Январь 1969 г.



Рис. 3. Состояние поверхностного ледяного покрова
при зазоре у с. Черный Яр. Январь 1969 г.

Измеренные скорости течения по профилю № 1, выполненные 17 января 1969 г., показали, что наибольшая скорость 0,8 м/сек наблюдалась вдоль правого берега, где отсутствует шуга. На середине, где наблюдается значительный слой шуги и битого

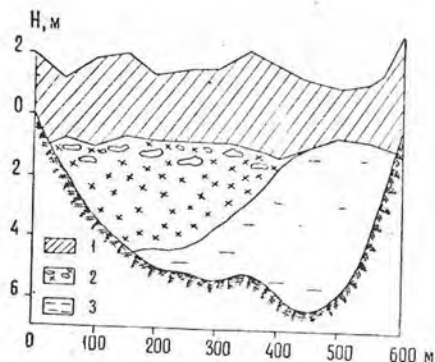


Рис. 4. Поперечный профиль зажорных скоплений льда русла Волги в 3 км ниже водомерного поста Черный Яр (голова зазора) по примерам 17 января 1969 г.
1 — лед, 2 — шуга, битый лед, 3 — вода.

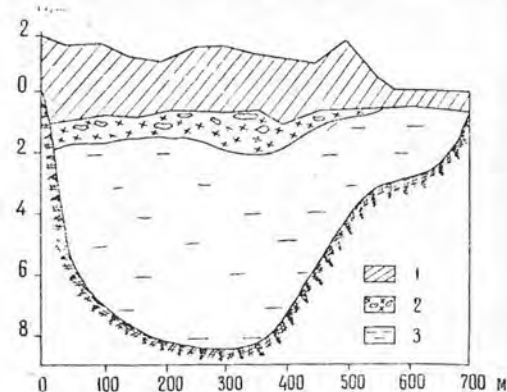


Рис. 5. Поперечный профиль зажорных скоплений льда в 1 км выше головы зазора у с. Черный Яр по примерам 19 января 1969 г.
1 — лед, 2 — шуга, битый лед, 3 — вода.

льда подо льдом, наибольшие скорости течения (0,9 м/сек) отмечались в придонном слое, уменьшаясь к границе раздела вода — шуга.

По длине зазора вверх скопление шуги, внутриводного и битого льда уменьшается (рис. 5).

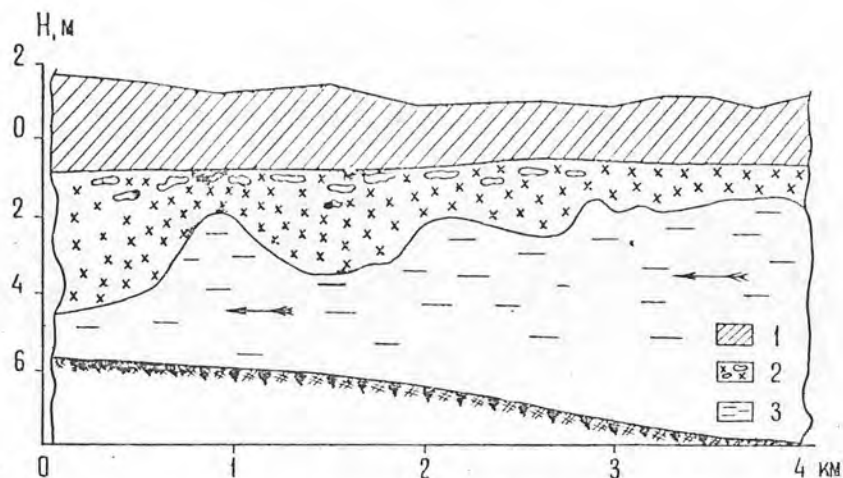


Рис. 6. Зажорные скопления льда по длине русла Волги у с. Черный Яр по примерам 18 января 1969 г.
1 — лед, 2 — шуга, битый лед, 3 — вода.

В 4 км выше головы зазора были выполнены наблюдения на поперечном профиле № 2, где отмечалось небольшое скопление шуги, внутриводного и битого льда (рис. 6).

Максимальные скорости течения на этом участке также отмечались на среднем профиле и у дна (0,6—0,8 м/сек), у поверхности и у берегов (0,1—0,3 м/сек).

При обследовании зазора 24 марта 1969 г. (за две недели до ледохода) найдено, что толщина льда в головной части зазора увеличилась по профилю № 1 на 30—45 см; шуги и внутриводного льда не наблюдалось.

Значительные повышения уровня воды во время образования зажора у с. Черный Яр приносят ощутимый материальный ущерб. Так, с повышением уровня воды наблюдается выход ее на Волго-Ахтубинскую пойму, в результате чего страдают сельскохозяйственные угодья, животноводческие фермы, подтапливаются строения и некоторые промышленные предприятия на левом берегу у г. Ахтубинска.

Образование зажоров в осенне-зимние периоды на этом участке происходит при неустойчивой погоде и неравномерных сбросах ГЭС (внутри суток максимальный расход воды бывает 13 000 м³/сек во время прохождения утреннего и вечернего пика, а минимальный расход воды — до 1 000 м³/сек). Неравномерные сбросы создают большие внутрисуточные колебания уровня воды (до 1,5 м), а при слабоустановившемся ледоставе происходит разрушение льда и транспортировка его вниз по течению.

Кроме того, одним из основных факторов, способствующих образованию зажора, являются более высокие расходы воды Нижней Волги в осенне-зимние периоды, чем это было в естественных условиях. С увеличением расходов увеличились и скорости течения, в результате чего медленнее смерзаются льдины и больше их уносятся под ледяной покров, а это создает большую вероятность образования зажора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берденников В. П. Физические характеристики льда заторов и зажоров. — Труды ГИ, вып. 129, 1965.
2. Горюнов И. В., Пержинский В. В. Изменение ледово-термического режима Нижней Волги в связи с сооружением Волжской ГЭС им. XXII съезда КПСС и образованием Волгоградского водохранилища. — Гидротехническое строительство, № 1, 1968.
3. Горюнов И. В., Пержинский В. В. Ледово-термический режим Нижней Волги после сооружения Волжской ГЭС им. XXII съезда КПСС и образования Волгоградского водохранилища. — Метеорология и гидрология, № 7, 1967.
4. Лисер И. Я. Весенние заторы льда на реках Сибири. Гидрометеоздат, 1967.
5. Сталинградская гидроэлектростанция на р. Волге. Технический проект. Т. 5, М., 1956.

Волгоградская
гидрометеорологическая обсерватория

Поступила
13 VIII 196

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

МЕТЕОРОЛОГИЯ И ГИДРОЛОГИЯ

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

№ 8
АВГУСТ
1970

МОСКОВСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ ГИДРОМЕТЕОИЗДАТА
МОСКВА