

УДК 556+551.583+502.4+ 504.453+ 504.058

К ВОПРОСУ ОБ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ РЕЧНЫХ ПАВОДКАХ И СТОКЕ В УСЛОВИЯХ УМЕРЕННОГО И СУБАРКТИЧЕСКОГО КЛИМАТА: ГЛАВНЫЕ ФАКТОРЫ, ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ И ДЕЙСТВИЯ

Бутвиловский В.В.¹, Салов К.А.²

¹Лейбниц-Институт полимерных исследований, 01069, Hohe Straße, 6, Дрезден,
Германия, wladimirbutwilowski@gmail.com;

²КазТрансОйл, 140004, РК, Павлодар, Промзона, salov.konstantin.a@gmail.com

Аннотация. Исследования следов и событий древних и современных паводков показали, что экстремальные подъемы уровней рек происходили в основном в периоды похолоданий климата и обусловлены главным образом ледовыми заторами и зажорами. Вторым главным фактором является морфология и устойчивость русел рек и их берегов. Предложены изменения в гидрологический мониторинг, позволяющие получить необходимые знания о величине и локации предстоящих паводков.

Ключевые слова. Река, русло, речной лёд, наледь, затор, зажор, экстремальное наводнение, мониторинг, «речные машины».

ON THE ISSUE OF EXTREME RIVER FLOODS AND RUNOFF IN MODERATE AND SUB-ARCTIC CLIMATES: MAIN FACTORS, ECOLOGICAL AND ECONOMIC CONSEQUENCES, AND ACTIONS

Butvilovsky V.V.¹, Salov K.A.²

¹Leibniz-Institute for Polymer Research, 01069, Hohe Straße, 6, Dresden, Deutschland,
wladimirbutwilowski@gmail.com;

²KasTransOil, 140004, PK, Pavlodar, Promzona, salov.konstantin.a@gmail.com

Abstract. Studies of traces and events of ancient and modern floods have shown that extreme rises in river levels occurred mainly during periods of climate cooling and were caused primarily by ice jams and ice bars. The second major factor is the morphology and stability of river channels and their banks. Changes to hydrological monitoring have been proposed to obtain the necessary knowledge about the magnitude and location of upcoming floods.

Keywords: River, riverbed, river ice, ice jam, ice barrage, extreme flooding, monitoring, «river machines».

Пreamble. В ходе подготовки этой статьи один из авторов рассказал, что будучи молодым сотрудником Тюменского гипроводхоза, он был вызван в местный райком партии для дачи объяснения неожиданно обширного и длительного весеннего затопления сельскохозяйственных угодий. Райком знал, что зима была малоснежной и количество талых вод оценивалось явно меньше нормы. Царила уверенность, что ничего из ряда вон выходящего произойти не может. Однако всё оказалось иначе, и возник вопрос к специалистам: «Почему затопление оказалось большим?» Сотрудник долго и упорно рассказывал про разные факторы, которые могут повлиять на затопление и его продолжительность, но должностного понимания и доверия не получил и был послан провести весьма трудоёмкий осмотр большой территории, который дал мало чего нового к уже сказанному... На этой не оптимистической ноте дискуссия была закончена, но необходимость разъяснять властям капризы природных явлений продолжает быть актуальной...

Но сначала очень коротко о науке и методологии. Научные знания должны достаточно точно описывать поведение предмета в определенных условиях и быть способны предлагать решения тех или иных вопросов, связанных с его изучением и использованием. В чем-то они уже близки к истине, в чем-то еще ошибочные. Наилучшим образом оценить это может соответствие знаний окружающей реальности, а также реализация идей в эксперименте и на практике. «Точные науки называются так не потому, что они во всем достоверны, а потому что в точных науках ученые знают меру неточности своих утверждений» [Любищев, 1975]. «Главное дело науки – разработка теорий и открытие законов... Самые надежные прогнозы и ретрогнозы делаются на основании законов» [Шарапов, 1989, с. 67]. «Закон в природе – это связь двух объектов или процессов, или двух свойств..., связь объективная..., необходимая при наличии определенных условий и инвариабельная» [Шарапов, 1989, с. 70]. Закономерность – проявление закона, когда условия для его реализации не идеальны. При этом происходящие явления лишь приблизительно соответствуют установленному закону.

Чтобы выводить теории и выявлять законы, необходимо иметь факты – фиксируемые и измеряемые в пределах необходимой точности свойства, размеры или последовательность чего-либо. Факт – суждение о чем-либо, создаваемое в результате наблюдения или эксперимента. Факту противостоит фикция (вымысел, иллюзия). Следует подчеркнуть, что при построении теории нужно очень внимательно анализировать факты. Факт факту – рознь! Необходимо распознавать факты, обусловленные случайностью. Это очень непросто, и сходно, образно говоря, ефремовскому хождению «по лезвию бритвы». «Проход» достигается кропотливым методом проб и ошибок, являясь не столько наукой, сколько искусством, – продуктом научной интуиции, почти мистикой... При любом научном исследовании во всех областях знаний нужно отделять случайное от закономерного и только потом начинать исследование закономерного. Таков правильный методический подход. Ему следуют далеко не все исследователи, поэтому многие продуктивные теории были неправильно отвергнуты только из-за того, что они не могли объяснить случайности в тех или иных явлениях. Многие забывают, что случайность есть случайность, и что она не предсказуема. Академик С.И. Вавилов это понимал и подчеркивал, что многие этапы истории науки сопровождались сознательным закрыванием глаз до поры до времени на группы фактов, усложняющих задачу. Не «безобразный», а случайный факт может убить толковую теорию, если тупо следовать всем фактам без исключения. Однако не следует забывать, что при таком избирательном подходе может родиться и успех научного открытия, и опасность научного заблуждения. Но иного пути у нас нет!...

Научные успехи физиков не в последнюю очередь связаны с тем, что они идеализируют предмет и абстрагируются от множества его связей с окружающей средой. Они выделяют лишь наиболее значимые связи, отбрасывая случайные. Геологи и географы обычно стремятся усложнить предмет, учесть всевозможные его связи, не умеют отделить второстепенное от главного, случайное от необходимого. «В современной геологии почти общепринята следующая философская посылка: чем сложнее объект, тем более необходимы при его изучении методы, позволяющие исследовать его во всем многообразии – системный, многомерный анализ, статистика. Однако больших перспектив на этом пути не вырисовывается. Приемлема скорее противоположная посылка: чем сложнее объект, тем более необходимы при его изучении упрощение... – сначала строят простейшую схему, затем ее последовательно усложняют» [Салин, 1989, с. 214]. Практический результат научных исследований физиков – это создание искусственных объектов, функционирующих согласно установленным физическим законам. Точно предсказать начало и поведение натурального физического явления (оползня, наводнения, эрозии, аккумуляции) физики также не могут, как и географы. Однако последние ставят себе именно такую невыполнимую задачу, хотя следовало бы, не забывая про оценку природных ситуаций, главный акцент исследований перенести на создание искусственных географических сред (участков), организованных по

установленным гео-физическими законам и управляемым. Действуя именно в этом направлении, можно более успешно решать экологические проблемы.

К чему эти методологические рассуждения, казалось бы, всем и так известные? Может и известные, но обычно незаметные в исследованиях и обоснованиях. Почти все предпочитают туманно выражаться и, тем самым, избегать научной ответственности. А людям нужна четкость: что главное, что несущественно; что закономерно, что случайно; когда, где и что может случиться, или не случиться. Но учёные опасаются сказать, что этого я не знаю и не могу знать, а вот это я знаю достаточно точно, и если я неправ и моё утверждение не сбылось, то беру на себя реальную ответственность за ошибку. Знаете вы таких смелых? Нам пока не попадались. Ситуацией безответственности пользуются шарлатаны, предсказывающие разные катаклизмы, как бы математически вычисляющие страшные события, выдумывающие всякие плоские земли, сказки с Анастасиями, вангами, нострадамусами и прочие обманы обывателей...

Речь пойдёт о речных наводнениях и речном стоке: в первом случае о максимальном подъёме уровней воды в реках, во втором о минимальном речном стоке. Именно эти экстремальные изменения параметров рек наиболее важны для экономики и, в особенности, - для экологии. Поэтому данная тема весьма актуальна и для заповедных территорий, функция которых охранять и сохранять экологическое разнообразие. Без достаточно точного понимания происходивших и возможных экстремальных природных процессов и их последствий выполнение этой функции затруднительно.

Чем опасен экстремально высокий подъем уровня воды ручья, малой или крупной реки? В первую очередь затоплением (хоть и кратковременным) прилегающих к водотоку территорий, которое имеет свои негативные особенности для всякого сезона года. Летом они одни, зимой или весной иные, но наиболее неприятны они обычно в холодное время года. Какой вред приносит экстремальное затопление территорий, знает, наверное, каждый и дополнительные разъяснения тут не нужны.

Следствием экстремально высокого подъема уровней водотоков является и их многократно усиливающаяся механическая эрозионно-аккумулятивная деятельность. Буквально за считанные часы на сотни метров по фронту могут быть размыты ранее устойчивые берега, изменено русло, разрушены сооружения и поселения, отложены мощные толщи ила, галечника и песка, «засыпаны» коммуникации и сельхозугодья. Примеров этому великое множество. Даже на таких крупных и спокойных реках как Обь, многокилометровая пойма которой, казалось бы, «застыла» на века, всего лишь несколько лет со сравнительно высокими весенними паводками привели к очень значительному переформированию её многорукавности. Это показало сравнение ложий за период с 1930-х по 1980-е годы, причём во время многоводных лет (60-70-е годы) произошло не усиление меандрирования и размыва вогнутых берегов, а наоборот, размыв выпуклых берегов и спрямление многих извилин русла. Ясно, что чем мощнее и быстрее поток, тем более обширны разрушения и тем сильнее его стремление течь по прямой, не меандрируя. Именно в этом случае изменения долины (эрозия и аккумуляция) происходят там, где их зачастую вовсе не ожидают.

Общепринято, что речной сток и изменения уровня воды в реках обеспечиваются множеством факторов. Среди них важное значение имеет определяемое климатом количество жидких и твёрдых осадков (дожди, снега, талые воды), а также их распределение в течение года. Большое влияние на речной сток оказывает положение горизонтов подземных вод как питающих водотоки, так и забирающих их воды. «Кроме климата, определенное значение в питании рек имеют площадь и рельеф бассейна, почвенно-геологические условия бассейна, растительность, наличие в пределах бассейна озёр, болот и вечной мерзлоты, а также деятельность человека» [Гидрология суши, 1976, с. 174]. Основной причиной изменения уровня воды в реке является приток в неё талых вод снегов и ледников, дождей и подземных вод. «Кроме этой основной причины, на колебания уровня могут оказывать и такие факторы, как: 1) ледовые явления... заторы и зажоры...; 2) русловые

деформации... вследствие размыва или отложения наносов; 3) зарастание русла водной растительностью...; 4) ветровые явления (нагоны и сгоны)...; 5) приливы и отливы...; 6) искусственные сооружения (запруды, мосты, водозаборы и пр.)» [Гидрология суши, 1976, с. 195-196]. В этом же учебнике, который презентирует квинтэссенцию гидрологических знаний, говорится, что в основном колебания уровня воды в реках вызываются многими причинами и имеют сложный характер. По длине реки они зависят прежде всего от изменения расхода воды, но эта зависимость может нарушаться ледяными зажорами и заторами, локальными русловыми процессами, гидросооружениями или заломами.

Разные особенности отмечены правильно, только дальше-то что? Далее в учебниках предлагается выявлять и измерять все детали поведения рек, составлять графики разных колебаний и изменений, таблицы длительности и повторяемости, кривые обеспеченности и гидрографы. Как пишут, характер-то у рек всегда сложный, поэтому работы много, персонал востребован всегда, а от цифр и кривых глазам больно. Только какой в этом толк? Какие у нас реки и как может в них бежать вода, мы знаем достаточно, и графики с таблицами уже давно составлены. Для людей гораздо важнее чётко знать, что должно ещё случиться, если уже конкретно случилось то или это. На что нужно обращать самое пристальное внимание, а что является обыденным и совершенно неважным, на которое совсем не надо тратить специальные силы и средства. Вот эту тему учебники и руководства обычно обходят стороной или оставляют её на усмотрение пользователям – теории имеются на все цвета и вкусы, а с практикой на месте уж сами разбирайтесь. Однако мутной теме типизации и классификации рек, а также научообразным расчётом речного стока, водного баланса, максимальных расходов, транспорта наносов, твёрдых и жидких осадков, испарения и вероятностному прогнозированию паводков уделено немало внимания – больше половины текста учебников, Карл! Но с формально-логической точки зрения это всё не наука, а изображение интенсивной околонаучной и псевдонаучной деятельности, ибо её релевантные для людей результаты обычно не точнее оценки, которую бесплатно даст живущий у реки толковый деревенский старожил.

В итоге у нас, как у пользователей, остаются без ясного ответа два важных вопроса: 1. Какие факторы являются самыми главными в обеспечении экстремальных подъёмов уровней рек; 2. Каковы правильные действия? Отметим, что данные вопросы пока касаются только зон умеренного и субарктического климата и актуальны прежде всего для континентальной части Российской Федерации, хотя могут быть приложимы и к другим странам. Климатические условия этих зон отличаются тем, что на некоторый период (недели или многие месяцы) на обширных пространствах устанавливается режим круглосуточных отрицательных температур, который приводит к промерзанию почв и образованию ледового и снежного покрова как на суше, так и на водоёмах.

Известно, что «наиболее опасными для районов Российской Федерации являются наводнения, которые происходят в результате формирования заторов льда в период вскрытия рек в весенний период. На европейской части страны заторы наблюдаются на 35 % гидрологических постов, в Сибири и на Дальнем Востоке – на 45-50 %» (<https://bayanday.irkmo.ru/go-i-chs/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%B0.pdf>). Проведённые наблюдения показали, что толщина льда на реках восточной Сибири составляет 1,5-2 м, в южных районах Сибири и Дальнего Востока достигает 1,2-1,8 м, на северо-востоке Русской равнины – 0,8-1 м, на её юго-западе и юге – 0,2-0,3 м. Установлено, что толщина льда, в том числе и под снегом, зависит от суммы отрицательных среднесуточных температур воздуха и определяется по эмпирическим формулам Ф.И. Быдина (для европейской части РФ) или В.В. Лебедева (для субарктики): больше сумма – толще лёд [Гидрология суши, 1976]. В начале ледостава подъёмы уровня воды до 2-4-х метров могут быть вызваны ледяными зажорами и заторами в сужениях русел рек, на их резких поворотах и на перепадах глубин. При весеннем ледоходе, который по мощности движения и толщине льдин обычно превосходит осенний, заторы льда могут вызывать за сравнительно короткое время подъем

уровня рек до 5-10 м. К примеру, в месте слияния Ангары с Енисеем ледяной затор 1909 года менее чем за сутки вызвал подъем уровня воды на 13 м. Следует отметить, что метеостанция в городе Иркутск и в середине апреля 1909 года фиксировала морозы -10-12° С, а зима в целом с начала октября по март показывала средние температуры ниже -15-25° С, сумма которых достигла рекордной величины, а твердых осадков за этот период выпало не более 60-70 мм, что меньше нормы (<http://thermo.karelia.ru/weather/whistory.php?town=irk&month=4&year=1909>).

И вот весьма недавний, точно зарегистрированный пример: зима 1978-1979 года была исключительно холодной для территории СССР, Северной Америки и Европы и оказалась самой суровой из таковых до сегодняшнего дня за весь период наблюдений. Её следствием стало множество крупных и экстремальных наводнений в этих регионах, и на севере они были обусловлены прежде всего ледовыми заторами. Так было и по Волго-Камскому речному бассейну, где уровень воды в апреле поднимался на 4-6 м выше известных ранее максимумов (<http://www.archive.perm.ru/projects/weeklyphoto/spring-flood/>). Старожилы из Зеленодольска (городок на Волге вблизи Казани) пишут, что после двух-трёх тёплых дней в апреле 1979 года «...лед тронулся. Огромная ледовая масса, срезая все на своем пути – дачи, деревья, брошенные на земле лодки – двинулась вниз по течению. И тут она уперлась в Васильевский Яр, где Волга поворачивает почти на 90 градусов. Образовался затор. ГЭС продолжала «давить», ей нужно было спасать плотину, а у нас зашкаливал уровень. Создалась реальная угроза затопления нижней части города. Очевидцы рассказывают, на борьбу со льдом бросили авиацию, начались бомбардировки. Наконец, затор ликвидировали, и вода медленно пошла на убыль» (<http://www.zelenodolsk.ru/article/5569>)

Уже отсюда можно сделать вывод, что самым главным фактором, обуславливающим аномально высокие подъёмы уровней рек в зоне умеренного и субарктического климата, является речной лёд. Этот фактор существенно превосходит все остальные и наиболее релевантен для крупных рек. Казалось бы всё ясно, однако скептиков и приверженцев «сложных мудрых взглядов» на режим рек этот вывод вряд ли удовлетворит. Их не переубедят и все другие доказательства, поэтому более целесообразно укреплять доказательную базу для тех, кто понимает и принимает новые взгляды на проблему. Для этого крайне необходим исторический обзор паводковых событий, охватывающий хотя бы несколько тысяч лет и разные регионы, в частности горы и равнины Западной Сибири и Западной Европы.

Исследования следов голоценовых речных паводков в горах Алтая показали, что длительные периоды весьма низких подъёмов уровней рек, при которых в днищах долин формировались сравнительно мощные чернозёмные и каштановые почвы, сменялись периодами многократных высоких подъёмов уровней рек, отлагавших на высоких поймах и низких террасах слои песков и илов, погребающих ранее образованные почвы [Бутвиловский, 1993]. Радиоуглеродное датирование и комплекс других данных показали, что почвенные горизонты формировались, как правило, в теплые периоды голоцена, а в его более холодные времена интенсивное почвообразование на поймах и низких террасах подавлялось наносами речных паводков, которые многократно достигали гораздо более высоких уровней. Холодные периоды на Алтае и в других регионах датируются между 4100-3700, 2100-1600 и 700-180 лет назад и дополнительно подтверждаются специфичными спорово-пыльцевыми спектрами, криотурбациями, мерзлотным пучением озёрного грунта, усилением солифлюкции, эоловых процессов и многими другими сопутствующими явлениями, часть из которых также датирована по ^{14}C [Бутвиловский, 1993, рис. 57-58]. Высота паводкового подъема уровней некоторых рек (Башкауса, Чульшмана, Камги, Чуи, Большого Улагана, Катуни), к примеру, 200-600 лет назад достигала местами 10-27 м.

Если верить расчётам, то при таких подъемах уровня свободно текущих рек и ширине их пойм (к примеру, р. Башкаус ниже пос. Каракудюр) их расходы могли достигать 6-7 тыс. $\text{м}^3/\text{с}$, что выходит далеко за рамки расходов даже 1-2 % обеспеченности по данным

гидрологических наблюдений за последние сто лет (зафиксированный наблюдениями максимальный расход Башкауса в половодье составил около 1 тыс. $\text{м}^3/\text{с}$, что почти на порядок меньше). Можно и нужно сомневаться в реальности столь мощных расходов этой реки (ведь они должны быть обеспечены аномально обильными стоковыми водами), но не приходится сомневаться в реальности столь высоких локальных подъемов уровней реки – они точно измерены при геолого-геоморфологическом изучении пойм и речных террас и их отложений. Следует также отметить, что количество осадков в холодные периоды голоцена региона не превышало их количества в теплые периоды, а скорее было даже меньшим (относительная увлажненность территории была увеличена за счёт снижения летних температур [Адаменко, 1985]). Отсюда следует, что столь высокий подъем уровней рек не мог быть обеспечен даже современным, сравнительно большим количеством сезонно или единовременно выпадающих осадков, – следовательно его обеспечивал совершенно иной фактор.

Что же может вызвать резкий естественный подъём уровня реки при условии, что она не получает или почти не получает дополнительного притока воды к её обычному стоку? Такое явление происходит в том случае, когда водопропускная способность русла резко ухудшается. Его могут вызвать оползни, обвалы, скопления древесины (заломы), временно перегораживающие русла. Как правило, они эпизодичны и случайны. Реки обычно быстро либо уничтожают эти препятствия, либо приспосабливаются свои уровни к ним и стабилизируются. С погодно-климатическими условиями эти временные аномалии регулярно не связаны и предусмотреть их тоже вряд ли возможно. Иное дело речной лёд разных видов. Он также в состоянии очень быстро и закупорить русло транспортирующей его реки, и вызвать быстрый и весьма высокий подъем ее уровня. При этом сама же река за счёт своего движения и давления на лед способна вызывать наползание льдин друг на друга (торошение) и тем самым наращивание толщины, высоты и ширины своей подпруды-плотины. Таким образом она сама наращивает свой уровень до определённого предела, который у каждой реки свой. Никакие другие гидрологические явления на нечто подобное не способны.

В этом процессе особую важность и значимость приобретают морфология и эрозионно-аккумулятивная устойчивость речных русел и их берегов. Русла рек, сложенные рыхлыми мелкообломочными отложениями, обычно неустойчивы как в плане, так и в профиле. Их морфология не может быть взята за стабильную основу при оценке возможных паводков и ледовых заторов. Особенно это касается рек, где проявляется русловая и пойменная многорукавность, обусловленная обилием легко транспортируемого влекомого и взвешенного обломочного материала. Русла рек, которые подчинены свободному или ограниченному меандрированию, более устойчивы. Они морфологически самоподобны, несмотря на размыты и перемещения, поэтому их морфология может считаться относительно стабильной для оценки гидрологической ситуации. В отличие от них сложенные крепкими горными породами и глыбами русла и берега весьма устойчивы и являются многолетней точной основой для гидрологических оценок. Для этих оценок особо важны величины углов поворота русел, их глубины, уклоны, сужения и расширения. Они измеряются достаточно точно. Параметры устойчивых русел также являются главным фактором, но пассивным и неизменным, а не активным и переменчивым от сезона к сезону как, к примеру, речной лёд.

Следует дополнить, что для крупных рек важным фактором более мощного заторообразования является ориентировка их долин от истоков до устья. Текущие на север и северо-восток реки более интенсивно подвержены ледяным заторам и зажорам, ибо все их последующие участки находятся в условиях всё более и более холодного климата, а их собственный пока ещё стабильный ледовый покров может резко наращиваться обилием приплывающего из более тёплых верховий льда, где ледоход начинается на много дней раньше. Ярким примером такой ситуации служат сибирские гиганты Енисей, Обь и Лена, где крупные заторы являются ежегодными событиями, и во избежание больших негативных

последствий обычно требуют искусственного вмешательства (в советские годы ледяные заторы разрушали взрывами). Реки, текущие в субширотном направлении или на юг, такому эффекту не подвержены, как и горные реки, низовья которых всегда находятся в более теплых весенних и осенних условиях.

Несомненно, что наличие, толщина и твёрдость льда напрямую связаны с погодно-климатическими условиями. Эта связь регулярна, закономерна, измеряма и является собой весьма надёжную и точную основу для оценки поведения как движения самого льда, так и движения несущей его водной массы на том или ином участке речной долины. Кроме того, лёд более инертен и даже в жаркую погоду тает гораздо медленнее, нежели снег, тем самым весьма длительно сохраняя свои механические свойства и способность блокировать речной сток. При сходных параметрах по толщине лёд ставит обычно на 10-15 дней позже, нежели смежный снежный покров. Многие речные наледи на Алтае не успевают растаять до июня-июля, а снежный покров в этих местах исчезает уже в конце апреля-начале мая, хотя наледи в течение более длительного времени подвергаются более сильному тепловому воздействию.

Комплексно проанализировав ситуацию регулярности следов речных паводков на протяжении последних 10 тыс. лет, пришлось прийти к однозначному выводу о том, что практически все экстремальные подъёмы уровня рек происходили в эпохи похолодания климата и были вызваны главным образом ледовыми заторами и зажорами речных русел [Бутвиловский, 1993]. Столь длительный и климатически изменчивый период достаточно репрезентативен для данного вывода. Исходя из полевых наблюдений, следует подчеркнуть, что чем резче были сужения или повороты русел, чем более жесткие и трудноразмываемые (коренные) ложа и берега они имели, тем более высокорасположенные следы паводковых подъемов уровней зафиксированы вблизи таких мест. Именно в таких местах ледяные заторы и зажоры могут и должны быть всегда более мощными относительно всех других участков рек. Именно они и вызывали экстремальные подъёмы уровней рек, которые были генетически попрудными и морфологически субгоризонтальными, поэтому через несколько



Рис. 1. Марки подъема уровня р. Майн на стене здания во Франкфурте-на-Майне (фото В.В. Бутвиловского) (нижние три марки фиксируют наводнения последнего столетия, верхние – Малой ледниковой эпохи).

Связь экстремальных подъемов уровней крупных рек с холодными периодами голоцена задокументирована даже в климатически сравнительно мягкой Западной Европе. Все экстремальные подъёмы уровней рек, зафиксированные здесь марками на мостах и стенах средневековых зданий, так или иначе произошли в так называемую Малую ледниковую эпоху (с XIV по XIX век). Марки с указанием хронологической даты имеются вдоль Эльбы, Рейна, Неккара, Регница, Майна, Одера, Вислы и других рек, и один из авторов статьи их лично видел и фотографировал (рис. 1). Паводки приурочены к холодному времени года (с ноября по март), когда на реках образовывались ледяные покровы или обильная шуга, что отмечено и в летописях. Даже последнее мощное наводнение Эльбы в районе

Гамбурга зимой 1953 года было обусловлено главным образом шугой и льдом, закупорившим портовый форватер реки. Крупные летние паводки в Европе приурочены к последнему «теплому» столетию и вызваны аномальным площадным выпадением дождевых осадков, но их уровень, как правило, на 2-3 метра ниже подъема уровней в Малую ледниковую эпоху.

Малым горным речкам и ручьям, промерзающим зимой до дна, обычно не свойственны ледоходы. В условиях резкоконтинентального климата с весьма морозной зимой в руслах и поймах этих речек за счёт притока грунтовых вод образуются наледи. Их протяженность достигает многих километров, ширина многих сотен метров, а мощность от 2-3-х до 10-15 метров. Закупоривая днища долин, наледи тем самым «поднимают» зимние и весенние потоки воды на несколько метров выше меженных русел. В результате на склонах долин локально происходят подтопления, аномальная эрозия или аккумуляция. При этом создаются серии сравнительно пологих «прыгающих» террасок, подрезов и врезов, которые коротко протягиваются вдоль долин, набирают относительную высоту и выклиниваются, так как водотоки вдоль наклонной наледи через несколько десятков или сотен метров резко уходят вниз, давая начало новой терраске и подрезу. Таких малых наледных долинок на Восточном Алтае и в пределах его заповедной части огромное количество, а их рельефоформирующую деятельность удалось детально проследить в бассейне Башкауса (Терехту, Кумалыр, Паспарта, Аспатты, Сорулу и др.). Когда днище долины имеет пологий уклон, то наледи формируют в них аномально широкие «наледные поляны», а у подножий – крутосклонные эрозионные подрезы.

Изучение рельефа и отложений показало, что величина наледей значительно увеличивалась в холодные периоды голоцен и их деятельность распространялась на более высокие уровни и широкие площади [Бутвиловский, 1993]. Следы наледного воздействия также удалось датировать и они соответствуют датировкам следов экстремальных подъёмов уровней рек. Отсюда вполне логичен вывод, что одним из главных факторов усиления эрозионно-аккумулятивной деятельности малых речек и ручьёв также является увеличение сезонных ледовых образований (в данном случае – наледей), которые напрямую связаны с низкими зимними температурами: чем морознее и длиннее зима, тем крупнее наледи и мощнее их воздействие на ландшафт, причем не только весной, но и зимой.

Свою лепту в увеличение речного стока вносит и обширное снеготаяние, но оно происходит всегда довольно медленно, трудно предсказуемо, сильно зависит от вариаций погоды, «растягивает» повышение уровня рек на многие дни и недели и в результате обычно приводит к меньшему подъему уровня рек, нежели мощные ледяные заторы. Меньшие подъемы уровня рек в условиях холодного умеренного климата создают и летние обложные дожди. Их влияние на сток крупных рек сравнительно невелико. Однако долины малых речек и ручьёв (особенно в горах) в большей степени подвержены мощным дождевым паводкам. Эти паводки, как правило, локальны, потому что дожди экстремальной интенсивности обычно охватывают территории не более нескольких десятков кв.км (чаще лишь несколько кв.км), эффективно воздействуют на малые участки и бассейны и всегда, так или иначе, являются делом случая. Иначе говоря, такие дожди задолго и загодя практически непредсказуемы как во времени, так и по локации.

В отличие от обильных дождей интенсивное льдообразование охватывает громадные территории, оно регулярно, закономерно зависит от суммы и величины отрицательных температур и достаточно точно измеряется по многим параметрам. Поэтому к концу зимы можно уже достаточно точно знать, каков лёд (наледь), сколько его и как он размещён по долинам. Отсюда следуют определённые выводы и о том, что можно и нужно ожидать по максимуму и по минимуму от уже сложившейся ситуации и по времени, и по локации, а не гадать на кофейной гуще.

Важным параметром каждой реки является величина её минимального стока, определяющая критические глубины, скорости и расходы потоков, а также их

транспортирующую, перерабатывающую и нейтрализующую способность. Минимальные гидрологические параметры создают предпосылки для последующих подъемов уровней рек, что не требует особых пояснений. Знание величин минимального стока важно не только для этого. Пока явно недостаточно рассматриваются и оцениваются его экологические и экономические аспекты. Минимальный сток обычно приурочен к холодному зимнему периоду. Расчёты его имеют очень невысокую точность, и уже хорошо, если величина его оценки составит 95-97 % от должного стока 100 % обеспеченности [Гидрология суши, 1976]. Это и есть тот минимум, для которого нужно оценивать величину максимально допустимого теплового, химического и механического загрязнения воды, величину её отъема из реки водозабором или водоотводом, а также объема поступления сточных вод. Для каждой реки величины этих минимумов и максимумов индивидуальны и должны определяться не только вычислениями, но и измерениями. Но и тут надо подчеркнуть, что образование различных форм речного льда значительно уменьшает минимальный сток и в особо суровые зимы может свести его практически на нет. Это прежде всего касается малых рек и ручьёв, но и крупные пологорные реки бывают такому подвержены.

Очень наглядно подтверждается это на примере крупной реки Томь у города Томска. История томских ледоходов и наводнений богата событиями. Прибрежные части города топило многократно. Эти события начали официально регистрироваться лишь с 19 века. «Крупные наводнения у нас были в 1819, 1822, 1824, 1890, 1897, 1911, 1947 годах и позже, — приводит данные директор государственного архива Томской области Анастасия Караваева, — река разливалась даже в черте города». Как правило, наводнения были обусловлены морозными зимами, ледовыми заторами и повторными морозами. «В 1890 году произошел небывалый потоп. Река пошла 27 апреля (9 мая), и из-за затора началось наводнение. Как передавал корреспондент газеты "Восточное обозрение", уровень воды был таким высоким, что некоторые хозяйки стирали в ней белье прямо с крыши...». Лед на Томи начали взрывать еще в 1911 году, тогда же построили дамбу. «В 1947 году уровень воды поднялся на 11 метров выше обычного и дамба не спасла город. К аномальному подъему воды привели ранние подвижки льда, торосы и весенние морозы. Была затоплена северная часть Томска, вода доходила до площади Батенькова. Наводнения унесло жизни 300 человек... С годами русло Томи серьезно изменилось, в том числе из-за добычи гравия со дна реки, и такие большие наводнения, как в 1890-м или 1947 годах, стали практически невозможны. Сейчас в зону подтопления попадают низменные районы Томска и пригорода» (https://towiki.ru/view/%D0%9B%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D1%85%D0%BE%D0%B4_%D0%B2_%D0%A2%D0%BE%D0%BC%D1%81%D0%BA%D0%B5).

Надо отметить, что уменьшение наводнений было обусловлено главным образом тем, что зимы последних 50 лет стали гораздо мягче и заторы льда слабее. Но в последние 10-15 лет частично вернулись прежние морозы и как результат — наводнение 28 апреля 2010 года, обусловленное затором льда в районе порога «Камень» (у Лагерного сада) и у Речпорта. Буквально в течение часа произошло затопление с. Чёрная Речка и подтопление сёл Коралово, Борики, Петрово и части автомагистрали «Томск-Новосибирск». Трагедии немало способствовали события предшествовавшей осени. Маловодное лето привело к сильному осеннему обмелению реки. В начале ноября ударили 30-градусные морозы, сковавшие реку льдом, а с ещё теплых верховий Томи прибыла вода, которая разломала и сильно заторосила лёд реки. Последующие морозы местами (в том числе на порогах у Лагерного сада) проморозили реку до самого дна. Весной этот сложной формы лёд создал массу заторов с торосами высотою с 9-этажный дом (в районе устья Ушайки)... «К вечеру четверга уровень воды в районе Лагерного сада подошел к историческому максимуму — 10,57 метров, на Речпорту — к 843 сантиметров (при критической отметке в 780 сантиметров). Продвижению льдин мешал огромный затор, образовавшийся на реке. Из-за разлива притока Томи — Ушайки — началось подтопление территории города, в том числе центральных районов. 30

апреля утром вода в черте Томска пошла на спад. Спасти город помогли взрывы льда» (<https://info.sibnet.ru/article/287079/>).

Во многом похожим было и наводнение при апрельском ледоходе 2024 года. Ему предшествовали очень низкий уровень реки осенью, промерзание берегов и части русла в морозы, снег, морозы зимой, довольно крепкий лёд, мороз и снегопад во время ледохода (<https://obzor.city/photoproject/667624---ledohod-2024-v-tomske-s-vysoty>). Образовалось 2

затора: 1. вблизи деревни Казанка (выше Томска 20 км, где вдвойне узкое русло и его резкий поворот на 110 град); 2. в черте Томска на подступах к Северному мосту и у Северска, где также крутой поворот русла, а перед мостом сужение русла и высокой поймы (рис. 2). Здесь и был главный затор, создавший торосы до 5-6 м высоты (рис. 3, 4). В районе Речного вокзала опасная отметка уровня в 750 см была превышена 15 апреля. Уровень воды рос и в районе Коммунального моста, где торосы создали местный подпор и обусловили размыв дороги на Сенную Курью и разрушение части новой дамбы вблизи моста (рис. 5, 6, 7). Неоднократными взрывами заторов Томь заставили всё же пойти, чтобы она, наконец, перестала топить сёла, набережную Ушайки и садовые участки.

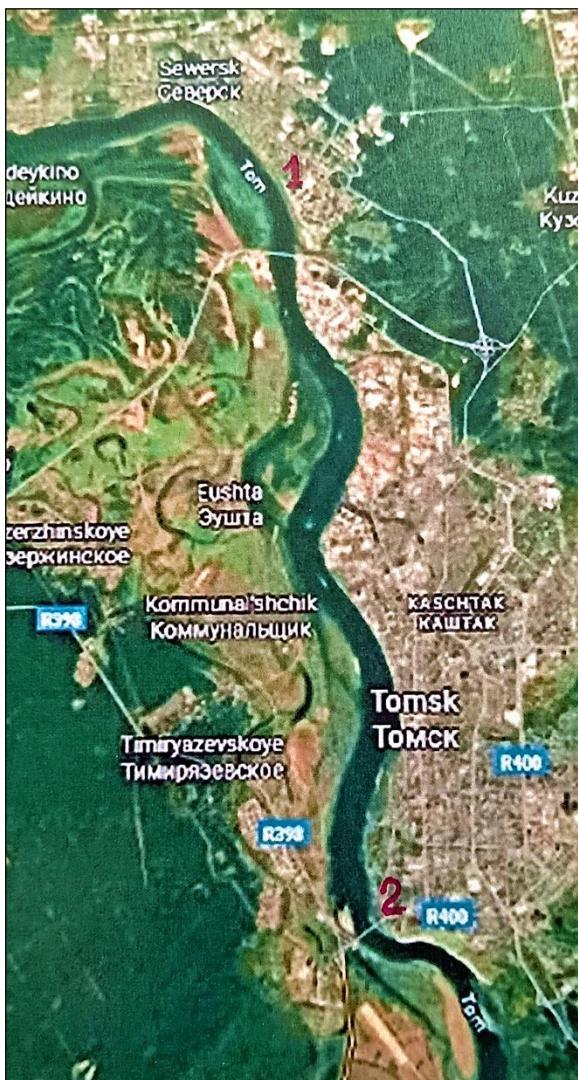


Рис. 2. Гугл-снимок русла и долины Томи у Томска (1. Северный мост – Северск – участок регулярных ледовых заторов; 2. Коммунальный мост-пороги Лагерного Сада – участок потенциальных заторов)



Рис. 3. Ледяное поле верхней части затора Северска и затопленные участки мичуринских садов на высокой пойме левобережья, 2024 год (<https://info.sibnet.ru/article/287079/>).



Рис. 4. Ледяные торосы затора у Северного моста, 2024 год (фото К.А. Салова)

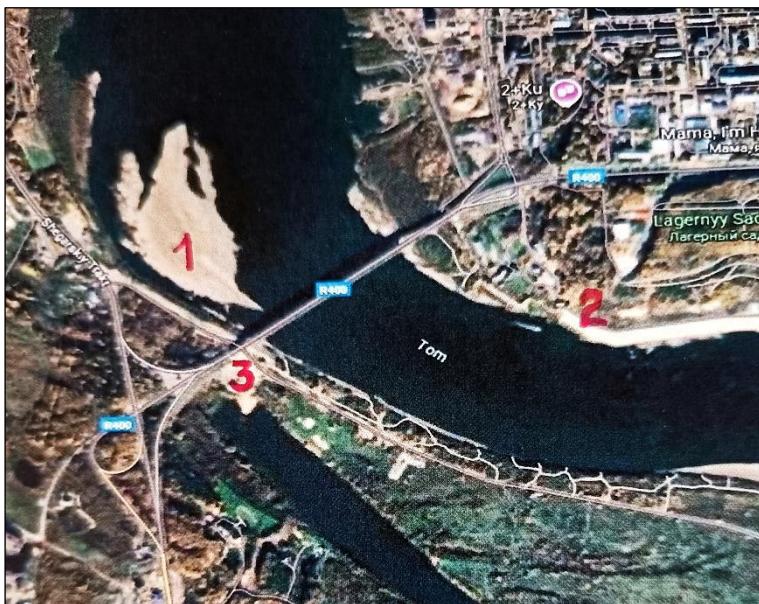


Рис. 5. Гугл-снимок русла и долины Томи у Лагерного сада (участок потенциальных заторов: 1. Коммунальный мост и крупная свежая галечная коса за его опорами; 2. пороги Лагерного Сада; 3. размытый участок дамбы у моста – следствие наводнения 2024).



Рис. 6. Ледяные торосы у Коммунального моста, 2024 год (фото К.А. Салова)



Рис. 7. Размыв дороги на Сennую Курью и разрушение части новой дамбы вблизи Коммунального моста, 2024 год (<https://info.sibnet.ru/article/287079/>).

Осенью 2025 года Томь была тоже очень сильно маловодна, дно реки обнажилось там, где редко когда обнажалось. В начале декабря реку сильно поморозило (до минус 32 град.) – часть предпосылок для предстоящего затора 2026 уже имеются. Запасаемся терпением и будем наблюдать зимнюю погоду. А прогнозы оставим на совести прогнозистов...

Как видно, большое влияние на ледовые и паводковые явления имеют гидротехнические и коммуникационные сооружения (водозаборы, мосты, причалы, набережные и др.), пересекающие русла и берега рек или частично их занимающие и изменяющие. Антропогенные изменения природных и селитебных ландшафтов в бассейнах рек и преобразование речных русел приобретают местами немалое потенциальное и кинетическое влияние на сток. Это влияние зачастую недооценивается и нередко приводит к антропогенно обусловленным водным катастрофам. Новоявленные сооружения, локальная добыча песчано-галечного материала со дна реки вызывают изменения направлений и скорости течения воды, перемещение локаций эрозии и аккумуляции и обуславливает на этих участках уже иное поведение ледовых масс при ледоходах (и не только это). К примеру, Коммунальный мост на южной окраине Томска со дня строительства особого сильного влияния на поведение реки в весенние ледоходы не оказывал. Начиная с 1980 года, зимы были относительно тёплыми и сравнительно тонкий речной лёд быстро проносило прочь в весенние ледоходы. За 30-40 лет Коммунальный мост вызвал лишь локальный размыв ложа реки вблизи своих опор и аккумуляцию крупной галечной косы (350 x 200 м) у ранее подмываемого левого берега в ста метрах ниже по течению (рис. 5), сузив меженное русло почти вдвое. Этого уже оказалось достаточно, чтобы в 2024 году у левых опор моста лёд застопорился, вызвал подъём уровня и перелив воды через дорогу на Сенную Курью (рис. 6), частично размывшей дамбу у моста (рис. 7).

Негативные последствия и виды опасностей при наводнениях и экстремальных повышениях уровней рек и водотоков известны более чем достаточно и вряд ли требуют повторных описаний. Они изложены на различных сайтах, в справочниках и учебниках. На интернет сайтах, которые обычно читают начальники и их подчиненные, рекомендовано, что

при «получении информации о возникновении ЧС (происшествия), обусловленной затоплением, оперативный дежурный ЕДДС уточняет и регистрирует в журнале время получения информации и сведения о заявителе, способ связи с ним, информацию о происшествии, ...достоверность сообщения». Далее разным дежурным, специальным диспетчерам, наблюдателям, старостам, ЦУКС ГУ МЧС России, ОД МВД России, ОД электросетей, управлению Росприроднадзора, ОД УФСБ России и ОД пограничного УФСБ России необходимо друг другу докладывать, организовывать, информировать, оповещать, осуществлять и уточнять всё, что связано с дождевым паводком, подписывая множество документов (<https://bayanday.irkmo.ru/go-i-chs/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%B0.pdf>).

Иначе говоря, толпой озабоченного народа производится много бумаги и задним числом – ведь точно предсказать дождевой паводок и его величину, как правило, вряд ли возможно, а как действовать при наводнениях, обусловленных ледовыми явлениями, инструкции не сообщают.

Поэтому было решено спросить о них у входящего в моду искусственного интеллекта (ИИ). На клише «толщина льда и наводнения» ИИ отвечает: «Толщина льда и наводнения взаимосвязаны, так как наводнение может привести к образованию опасного, тонкого льда, а сам лед может предотвратить наводнение... Лед может как предотвращать наводнение, так и стать причиной более опасного наводнения. Важно: Соблюдайте правила безопасности на льду и следите за прогнозом погоды, чтобы избежать опасных ситуаций». Есть и несколько другой вариант ответа: «Толщина льда и наводнения взаимосвязаны: наводнение может привести к резкому изменению толщины льда, делая его опасным для передвижения, а таяние льда, наоборот, может вызвать наводнение». Далее дается информация об опасностях передвижения по тонкому и хрупкому льду. Несмотря на ряд противоречивых и маловажных высказываний, ИИ всё же подчёркивает: «Толщина льда является одним из ключевых факторов, влияющих на риск наводнений во время весеннего паводка. Чем толще и крепче лёд на реке зимой, тем опаснее будет ледоход. Таяние и движение льда могут привести к образованию заторов, которые создают угрозу затопления». Он даже даёт рекомендации как определить возможность наводнения: «Мониторинг толщины льда. Спасательные службы и гидрологи отслеживают толщину льда в течение зимы, чтобы прогнозировать возможные риски наводнений. Если лёд аномально толстый, это может указывать на потенциальную опасность». Но далее указывается, что «весной лёд на реке становится рыхлым и пропитанным водой, что снижает его прочность. При этом в отличие от осеннего льда, который трещит и предупреждает об опасности, весенний лёд может внезапно провалиться», поэтому надо быть осторожным в период паводка, слушать сообщения МЧС, на лёд не выходить и быть готовым к эвакуации. Таков пока ответ животворящего ИИ, который основан на имеющейся сейчас информации. И это не шутка, хотя и кажется таковой.

Подводя итог выше изложенному, нужно сделать вывод, что практически все экстремальные гидрологические явления в умеренно-холодной климатической зоне так или иначе связаны с речным льдообразованием. Почти со ста процентной уверенностью можно утверждать, что аномально мощный лёд всегда обусловит аномальные гидрологические явления: сначала аномалии минимального стока, а затем аномалии максимального подъема уровней рек и площадей затопления. Лёд – самый главный динамичный фактор их возникновения, который может на порядок превосходить воздействия других явлений, вызывающих изменения уровней рек и их стока. Поэтому самое главное внимание гидрологическая служба обязана уделять льдообразованию и его развитию в течение холодного сезона. Второй важный фактор – это свойства русла реки (морфология и физико-механическая устойчивость). Он является статичным, точно определяемым и измеряемым. Остальные факторы (дожди, теплая погода, снежность, особенности ландшафта, геология и рельеф бассейна стока, обводненность прошлых годов и др.) малозначимы и частью случайны. Их воздействие обычно не приводит к экстремальным паводкам. Оно, как правило, не превышает пределы 10-30 % обеспеченности и особой опасности не вызывает, а

случайность проявления лабильных факторов сводит на нет все усилия по их мониторингу и прогнозированию. Поэтому они не должны требовать постоянного и особого внимания гидрологической практики и релевантны в основном для специальных научных исследований.

Все потенциально опасные места (сужения, резкие повороты, пороги и перекаты, препятствия) легко выявляются на местности и, как правило, точно отражены на крупномасштабных топографических картах и лоциях. Именно на затороопасных местах и должен проводиться мониторинг льдообразования и речного стока. Эти процессы закономерны, достаточно точно измеряемы, а их следствия определяемы и не случайны. Необходимы и обязательны геоморфологические и геологические исследования таких участков, выявляющие следы воздействия уровней рек и максимальные пределы их подъемов за многие тысячелетия, что позволяет оценить максимально возможные экстремумы, обусловленные самым сильным взаимодействием всех факторов наводнений, в том числе и случайных. В этом случае прогноз как вера и надежда уступает место твёрдому знанию и правильным действиям как во время события, так и на долгосрочную экономическую и экологическую перспективу, ограничивая места, виды и возможности хозяйственных действий. При этом каждая река требует индивидуального подхода.

Следует отметить, что многие сотни и тысячи лет назад наши предки имели знания о гидрологии своего местообитания, понимали происходившие и возможные процессы, принимали правильные хозяйствственные решения и не селились где попало. В настоящее время этими знаниями и методами люди намеренно или по невежеству пренебрегают. Они строят сооружения и преобразуют ландшафт, где им захочется или покажется выгоднее, принимают во внимание данные гидрологического мониторинга лишь последних десятилетий, не учитывают тренды региональных природных и антропогенных изменений. И как следствие – нарастающие обилие водных катастроф, разрушений и жертв, которые лоббированные манипуляторы объясняют так называемым глобальным потеплением климата, ставя это «потепление» и катастрофы в вину обычному человеку-потребителю, но не в вину своей, профитирующей от катастроф деятельности. Как говорится, кому-то это беда, а кому-то и мать родна...

Для хозяйственной деятельности людей громадное значение имеют экстремальные явления и их негативные последствия, а регулярные или случайные события, не выходящие за рамки обычных, специального внимания и затрат не требуют. Всё это сто раз известно, но выводов из этого толком не сделано и действий тоже не видно. Поэтому можно и нужно оптимизировать гидрологический мониторинг, сократить множество региональных рутинных и второстепенных работ и их персонал, сосредоточиться на важных делах. Наблюдения за льдом и выявление стационарных опасных мест проще, точнее и гораздо дешевле (многие и так уже известны). Тем самым можно значительно сэкономить время, силы и средства, направив их на специальные инженерно-гидро-геологические исследования и создание локальных речных «машин», обеспечивающих своей работой гидрологическую безопасность в критических местах. Практикам гораздо важнее получать не прогнозы и предположения, а точные знания того, что уже произошло и происходит, а также что из этого обязательно последует – и именно на основе этих знаний действовать.

Такой подход гарантирует многое, но не всё, – ведь из поля зрения выпадают случайные совпадения множества случайных факторов. Поэтому желательно дополнительно обезопасить поселения и коммуникации созданием специальных гидро-технических сооружений (географических «речных машин») или проведением в потенциально опасных местах регулярных профилактических технических работ по расширению, углублению и изменению латеральных форм русел, совместив эти работы с добычей строительных материалов, частично или полностью окупавших затраты. Такое предложение было сделано одним из авторов статьи, и после длительной ходьбы бумаг по инстанциям его инициатива была письменно поддержана администрацией города Томска. Работы по углублению русла

между Северным и Коммунальным мостами (около 12 км) начались уже осенью 2025 года и должны быть продолжены в 2026 году. Каковой будет предстоящая зима – пока неизвестно. Нужно подождать...

Список использованной литературы

Адаменко М.Ф. Реконструкция динамики термического режима летних месяцев и оледенения на территории Горного Алтая в XIV-XX вв.: автореф. дисс. канд. геогр. наук. – Новосибирск, 1985. – 28 с.

Бутвиловский В.В. Палеогеография последнего оледенения и голоцен Алтая: Событийно-катастрофическая модель. Томск: Изд-во ТГУ, 1993. – 253 с.

Гидрология суши / Н.А. Соломенцев, А.М. Львов и др. 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Гидрометиздат, 1976. – 432 с.

Любищев А.А. Уроки самостоятельного мышления // Изобретатель и рационализатор, 1975, № 8. - 36 с.

Салин Ю.С. К истокам геологии. - Хабаровск, 1989. - 257 с.

Шарапов И.П. Метагеология. Некоторые проблемы. - М.: Наука, 1989. - 208 с.

Список электронных ресурсов

Весеннее наводнение 1979 года – 2019 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.archive.perm.ru/projects/weeklyphoto/spring-flood/> (дата обращения 10.12.2025).

Весеннее половодье, дождевой паводок – 2012 [Электронный ресурс]. URL: <https://bayanday.irkmo.ru/go-i-chs/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%B0.pdf> (дата обращения 29.11.2025).

Весна: стихия торжествует – 2010 [Электронный ресурс]. URL: <https://info.sibnet.ru/article/287079/> (дата обращения 30.11.2025).

Данные метеонаблюдений – 2020 [Электронный ресурс]. URL: <http://thermo.karelia.ru/weather/whistory.php?town=irk&month=4&year=1909> (дата обращения 29.11.2025).

Ледоход в Томске – 2025 [Электронный ресурс]. URL: https://towiki.ru/view/%D0%9B%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D1%85%D0%BE%D0%B4_%D0%B2_%D0%A2%D0%BE%D0%BC%D1%81%D0%BA%D0%B5 (дата обращения 10.12.2025).

Ледоход в Томске 2024 – 2025 [Электронный ресурс]. URL: <https://obzor.city/photoproject/667624---ledohod-2024-v-tomske-s-vysoty> (дата обращения 11.12.2025).

Паводок: как это было в 1979 году – 2010 [Электронный ресурс]. URL: (<http://www.zelenodolsk.ru/article/5569>) (дата обращения 10.12.2025).