

ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО,
ГИДРАВЛИКА И ИНЖЕНЕРНАЯ ГИДРОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 627.15

doi: 10.31774/2712-9357-2024-14-1-188-204

**Физико-географический контроль определения границ рек,
их водоохранных зон, зон затопления и подтопления
в Томской области (Российская Федерация)**

Олег Геннадьевич Савичев

Томский политехнический университет, Томск, Российская Федерация, OSavichev@mail.ru,
<https://orcid.org/0000-0002-9561-953X>

Аннотация. **Цель:** разработка методики физико-географического контроля достоверности определения границ рек и их специальных зон на территории Томской области. **Материалы и методы.** Исходными материалами послужили материалы режимных гидрологических (Росгидромет) и гидрогеологических (ФГБУ «Гидроспецгеология») наблюдений, результаты инженерных изысканий и обследований. Основные объекты – р. Томь у г. Томска, р. Васюган у п. Новый Васюган, р. Икса у с. Плотниково, р. Ключ у с. Полянinka. Дополнительно использованы данные по р. Обь, Парабель и ряду других притоков Оби. **Результаты.** Проведены расчеты положения береговой линии и границ зон затопления и подтопления долин ряда рек в Томской области. Выполнено сопоставление характерных уровней речных вод с гидрогеологическими, геоморфологическими и геоботаническими условиями в речных долинах, а также сравнение условий подтопления с преобладающими типами русловых процессов. Предложена методика физико-географического контроля достоверности определения границ береговой линии, водоохранных зон, зон затопления и подтопления. **Выводы.** Показано, что определение положения береговой линии рек на территории Томской области может проводиться не только по данным о среднесуточных уровнях воды за период открытого русла, но и по данным о среднемесячных уровнях речных вод весенне-летнего половодья и летне-осенней межени. Установлено, что среднемноголетний максимальный уровень и максимальный уровень обеспеченностью 1 % в целом соотносятся с рельефом, уровнями грунтовых вод и растительным покровом речных долин. Выявлено, что вероятность подтопления в пределах долины увеличивается в случае пойменной многорукавности и свободного меандрирования и уменьшается при преобладании ограниченного меандрирования.

Ключевые слова: уровни речных вод, реки Томской области, береговая линия, зоны затопления и подтопления

Финансирование: исследование выполнено за счет гранта РНФ (проект № 23-27-00039).

Для цитирования: Савичев О. Г. Физико-географический контроль определения границ рек, их водоохранных зон, зон затопления и подтопления в Томской области (Российская Федерация) // Мелиорация и гидротехника. 2024. Т. 14, № 1. С. 188–204. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2024-14-1-188-204>.

HYDRAULIC ENGINEERING,
HYDRAULICS AND ENGINEERING HYDROLOGY

Original article

**Physicogeographical control of estimating the boundaries of rivers,
their water protection zones, flooding and underflooding
zones in Tomsk region (the Russian Federation)**

Oleg G. Savichev

Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russian Federation, OSavichev@mail.ru,
<https://orcid.org/0000-0002-9561-953X>

Abstract. Purpose: to develop the methodology of physical and geographical control of the validity of determining the boundaries of rivers and their special zones in the territory of Tomsk region. **Materials and methods.** The initial materials were the materials of the regime hydrological (Roshydromet) and hydrogeological (Gidrospetzgeology) observations, the results of engineering surveys and examinations. The main objects are the Tom river at Tomsk city, the Vasyugan river at New Vasyugan settlement, the Iksa river at Plotnikovo village, the Klyutch river at Polynyanka village. Additionally, data on the Ob and Parabel rivers and other tributaries of the Ob river were used. **Results.** The calculations of the position of the coastline and the boundaries of flood and underflooding zones of a number of river valleys in Tomsk region were carried out. A comparison of the characteristic levels of river waters with the hydrogeological, geomorphological and geobotanical conditions of river valleys (also underflooding conditions with the prevailing channel process types) was carried out. The physicogeographical methodology of validity control of estimating the coastline, protection, flooding and underflooding zones boundaries are proposed. **Conclusions.** It is shown that estimating the position of the river coastal line in Tomsk region can be carried out according to the data not only on the average daily water levels for the period of the free channel, but also the average monthly levels of river waters of the spring-summer flood and summer-autumn low water season. It was established that the average maximum level and the maximum level of 1 % occurrence relate to the relief, groundwater levels and the vegetation cover of the river valleys. It was revealed that the probability of the river valley underflooding increases in the case of floodplain anabranching and free meandering and decreases with the predominance of limit meandering.

Keywords: river water levels, rivers of the Tomsk region, coastline, flooding and underflooding zones

Funding: the research was carried out using grant funds from the Russian Science Foundation (no. 23-27-00039).

For citation: Savichev O. G. Physicogeographical control of estimating the boundaries of rivers, their water protection zones, flooding and underflooding zones in Tomsk region (the Russian Federation). *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2024;14(1):188–204. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2024-14-1-188-204>.

Введение. Выполнение инженерно-гидрометеорологических изысканий – одного из основных видов инженерных изысканий – предполагает решение ряда задач, включая определение границ (береговой линии) поверхностных водных объектов на исследуемой территории и их специальных зон –

водоохранной, затопления и подтопления. В свою очередь, эта задача основана на оценке характерных уровней воды [1–5]. В частности, согласно ст. 4, п. 4 Водного кодекса Российской Федерации [1], береговая линия рек, ручьев и каналов определяется «по среднемноголетнему уровню вод в период, когда они не покрыты льдом». Уже от береговой линии устанавливается водоохранная зона, а в ее пределах – прибрежная защитная полоса. Относительно береговой линии также оцениваются размеры зон затопления (по максимальным уровням обеспеченностью 1 %) и подтопления [4].

Максимальные уровни воды обеспеченностью 1 % могут быть определены согласно СП 529.1325800.2023 [6] для вариантов наличия, недостаточности и отсутствия данных наблюдений. Менее понятен порядок оценки уровня береговой линии с учетом неразработанности соответствующей нормативной базы [7]. При наличии (или недостаточности – с привлечением данных по реке-аналогу) данных наблюдений о среднесуточных уровнях воды выполняется расчет среднего арифметического значения за период открытого русла [7]. При этом необходим доступ к огромному массиву информации (альтернативный подход, видимо, может заключаться в использовании материалов Водного реестра Российской Федерации и расчете среднего арифметического двух значений – максимального за год и минимального уровней воды за период открытого русла).

При отсутствии данных наблюдений возникает ряд других вопросов, связанных с возможностью разных трактовок понятия «средний уровень за период открытого русла» и способов его определения. Если использовать способ расчета уровней воды H по зависимости $H = f(Q)$ (где Q – расходы воды), построенной по уравнению Шези – Маннинга [6, п. 7.9.1], то нет однозначных указаний, как именно рассчитывать минимальный расход воды за период открытого русла: если это – минимальный срочный расход воды за летне-осеннюю межень, то какой обеспеченности? Аналогичный вопрос возникает и в случае обеспеченности максимального расхода воды.

В «Методических рекомендациях по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений» [7] предложен подход, в соответствии с которым сначала для реки-аналога определяется средний расход за период открытого русла и находится соотношение между расходами, средними за весь период наблюдений ($Qa(y)$) и за период наблюдений при открытом русле ($Qa(op)$). Затем устанавливается региональная зависимость расходов воды от площадей водосборов. По этой зависимости для исследуемой реки определяется среднемноголетний расход воды, который пересчитывается (с учетом соотношения расчетных расходов реки-аналога) на средний расход за период открытого русла. В расчетном створе исследуемой реки выполняется построение зависимости уровней от расходов воды, после чего по ней (в зависимости от среднего расхода воды за период открытого русла) определяется расчетный уровень воды. Очевидно, что этот способ требует приобретения большого объема информации по рекам-аналогам, проведения полевых работ и должен быть реализован с учетом требований [6, п. 5.6.2] по переносу уровней воды вверх и вниз от расчетного створа.

Менее трудоемкий способ с использованием пространственной интерполяции по топографическим картам предложен в «Правилах определения местоположения береговой линии (границы водного объекта), случаев и периодичности ее определения» [3]. Однако на них приведены отметки уреза воды в межень [7], что далеко не всегда позволяет понять характер изменения максимальных уровней воды. Кроме того, необходимо выполнить требования [6, п. 5.6.2], в соответствии с которыми уровни воды в открытом русле переносят по одному из трех способов: 1) по кривым связи соответственных уровней воды; 2) по кривым расходов воды $Q = f(H)$; 3) по продольному профилю водной поверхности с учетом ее уклона при высоком уровне воды.

При этом первый способ применим, если связь статистически досто-

верна и параллельными наблюдениями охвачено не менее 80 % многолетней амплитуды колебания уровней, второй способ – на бесприточных и малоприточных участках рек, если для опорного створа имеется надежная кривая расходов воды и данные многолетних наблюдений за стоком. Для третьего способа требуются сведения о зависимости уклона от уровня, полученные в результате инженерно-гидрометеорологических изысканий для установившегося движения. Кроме того, согласно «Методическим рекомендациям...» [8, с. 45], «перенос уровней воды по продольному профилю водной поверхности производится в пределах небольших по длине речных участков (1–3 км)...».

Таким образом, все перечисленные выше способы основываются на использовании режимных наблюдений Росгидромета и материалов инженерно-гидрометеорологических изысканий, весьма трудоемки и характеризуются наличием ряда не до конца решенных методических вопросов, особенно на труднодоступных, сильно заболоченных территориях Западной Сибири с достаточно разреженной сетью пунктов гидрологических наблюдений. Все это и определило цель рассматриваемой работы – разработку методики физико-географического контроля достоверности определения береговой линии поверхностных водных объектов, границ их водоохранных зон, зон затопления и подтопления на территории Томской области, расположенной на юго-востоке Западной Сибири.

Материалы и методы. Общий подход к достижению указанной выше цели заключается в решении двух основных задач: 1) выявление связей между значениями характерных уровней речных вод, геоморфологическими и геоботаническими условиями на участках проведения режимных гидрологических наблюдений; 2) выявление связей между уровнями речных и грунтовых вод в речных долинах.

Общие подходы к решению этих задач в первом случае заключаются:

- в расчете характерных уровней воды:

- а) среднемноголетних за календарный год $Ha(I-XII)$;
- б) среднемноголетних за период весенне-летнего половодья и летне-осенней межени по среднемесячным значениям $Ha(IV-XI)$;
- в) среднемноголетних за периоды открытого русла по среднесуточным значениям $Ha(d)$;
- г) среднемноголетних максимальных $H_{max}(a)$;
- д) максимальных $H_{max,p}$ обеспеченностью $p = 1, 3, 5, 10 \%$;
- е) минимальных $H_{min,p}$ обеспеченностью $p = 90, 95, 99 \%$;
- ж) среднемноголетних Ha^* , вычисленных как среднее между максимальным годовым $H_{max,i}$ и минимальным годовым за период открытого русла $H_{min-op,i}$; $Ha^* = 0,5 \cdot (H_{max,i} + H_{min-op,i})$.

Границы гидрологических сезонов приняты согласно «Методическим рекомендациям...» [7]. Гидрологические расчеты выполнены автором (по р. Икса у с. Плотниково – совместно с Л. Н. Чилингер, Н. В. Гатиной и Е. Ю. Пасечник) по варианту наличия данных наблюдений (материалы Росгидромета), полевые работы (рекогносцировочное обследование, гидрологические работы) – при непосредственном участии и (или) под руководством автора;

- сопоставлении полученных значений уровней воды с характеристиками рельефа, почвенного и растительного покровов с учетом материалов дистанционного зондирования Земли [9, 10];

- проверке рядов характерных уровней на однородность по среднему (критерий Стьюдента) и дисперсии (критерий Фишера) согласно «Пособию по определению расчетных гидрологических характеристик»¹.

Во втором случае было выполнено сопоставление расчетных уровней речных вод с измеренными уровнями подземных вод (среднемноголетними значениями, полученными на режимных гидрогеологических скважинах)

¹Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 448 с.

по данным многолетних наблюдений, а также по материалам обследований и инженерных изысканий [11, 12].

С учетом ограниченности совместных геоморфологических, гидрологических и гидрогеологических наблюдений были рассмотрены следующие основные объекты (таблица 1):

1) р. Томь (крупнейший после Иртыша приток р. Оби) выше Томска (расчетный створ в 756 км от истока, расходный пост Росгидромета в створе 753 км от истока; поблизости расположены режимные гидрогеологические скважины, на которых проводятся или проводились ранее наблюдения специалистами Томской геолого-разведочной экспедиции (до 1996 г.), АО «Томскгеомониторинг» и Сибирского регионального центра ФГБУ «Гидроспецгеология»: на левом берегу – скважины 204р (средняя глубина $h_{gr} = 7,81$ м, эоплейстоценовый и нижнеолигоценовый (новомихайловской свиты) горизонты); на правом – 68Ар ($h_{gr} = 7,04$ м; современные аллювиальные отложения));

2) р. Васюган (приток р. Оби) выше с. Новый Васюган (расчетный створ в 503 км от истока, расходный пост Росгидромета в с. Новый Васюган в 506 км от истока; в разное время проводились инженерные изыскания и научные исследования; ближайшие режимные гидрогеологические скважины расположены в с. Средний Васюган: 169р ($h_{gr} = 7,79$ м; аллювиальные отложения среднего неоплейстоцена, нижнеолигоценовый горизонт (новомихайловский и лагернотомский)); 167р ($h_{gr} = 7,39$ м; олигоцен-эоценовый горизонт (тавдинский)));

3) р. Икса (элемент речной системы «Икса – Чая – Обь») у с. Плотниково (пост Росгидромета в 154 км от устья; расчетный створ в 100 м ниже по течению от поста Росгидромета) и на участке верхнего течения (54 км от истока); ближайшие режимные гидрогеологические скважины расположены в с. Бакчар (110р; $h_{gr} = 7,25$ м; неоплейстоценовый (тобольский) горизонт $Q_{II\text{tb}}$) и с. Каргала (89р; $h_{gr} = 10,01$ м; $Q_{II\text{tb}}$);

4) р. Ключ (элемент речной системы «Ключ – Бакчар – Чая – Обь») у с. Польшанка (пост Росгидромета в 7,3 км от истока; расчетный створ в 4,8 км от истока; ближайшая режимная гидрогеологическая скважина – в с. Бакчар (110р; $h_{gr} = 7,25$ м; $Q_{итб}$)).

Таблица 1 – Расчетные уровни воды исследуемых рек

В м в Балтийской системе высот

Table 1 – Estimated water levels of the studied rivers

In m in the Baltic height system

Показатель	р. Томь, г. Томск, 756 км от истока	р. Васюган, у п. Новый Васюган, 503 км от истока	р. Икса, с. Плотниково, 154,1 км от истока	р. Икса, с. Плотниково, 54 км от истока	р. Ключ, у с. Польшанка, 5,8 км от истока
$Ha(I-XII)$	70,66	65,49	100,60	–	100,90
$Ha(Q(I-XII))$	70,38	65,74	100,78	118,91	101,33
Ha^*	72,87	67,89	101,94	–	101,29
$Ha(IV-XI)$	71,11	66,15	100,89	–	101,04
$Ha(Q(IV-XI))$	71,24	66,63	101,14	119,40	101,42
$Ha(d)$	70,97	66,33	100,96	–	100,94
$H_{max}(a)$	76,59	71,63	103,73	121,84	101,91
$H_{max}(1\%)$	79,65	74,29	107,96	123,29	101,16
$H_{max}(5\%)$	78,70	73,84	106,54	122,89	100,66
$H_{max}(10\%)$	78,25	73,52	105,84	122,61	100,49

Примечание – $Ha(I-XII)$ – среднегодовое значение уровня воды за календарный год по данным наблюдений; $Ha(Q(I-XII))$ – среднегодовое значение уровня воды за календарный год по зависимости от среднегодового расхода воды $Qa(I-XII)$; $Ha^* = 0,5 \cdot (H_{max} + H_{min-op})$, где H_{max} и H_{min-op} – максимальный годовой и минимальный за период открытого русла; $Ha(IV-XI)$ – средний уровень воды за весенне-летний половодье и летне-осеннюю межень; $Ha(Q(IV-XI))$ – средний уровень воды по зависимости от соответствующего расхода воды $Qa(IV-XI)$; $Ha(d)$ – среднегодовое значение уровня воды, вычисленный по среднесуточным значениям за период открытого русла; $H_{max}(a)$ – среднегодовое максимальное значение уровня воды; $H_{max}(1\%)$, $H_{max}(5\%)$, $H_{max}(10\%)$ – максимальные уровни воды обеспеченностью 1, 5, 10 %.

Дополнительно отдельные работы проведены на р. Оби у с. Могочи-но, р. Томи выше г. Томска и ряде других рек – притоков Оби с привлечением материалов гидрогеологических наблюдений [9, 11, 12].

Результаты и обсуждение. Анализ выполненных расчетов (таблицы 1, 2) показал следующее. Во-первых, уровни воды $Ha(I-XII)$, рассчитанные в среднем за год многолетнего периода, меньше средних значений по данным о среднесуточных уровнях за период открытого русла $Ha(d)$

и среднемесячных уровнях за апрель – ноябрь $Ha(IV-XI)$, а последние ($Ha(IV-XI)$) – заметно меньше значений Ha^* , вычисленных как среднее арифметическое уровней максимального годового и минимального за период открытого русла.

Таблица 2 – Соотношение фактических и критических (при уровне значимости 5 %) значений критериев Стьюдента ($t_f/t_{5\%}$) и Фишера ($F_f/F_{5\%}$)

Table 2 – The ratio of the actual and critical (at the level of significance 5 %) values of the Student ($t_f/t_{5\%}$) and Fisher ($F_f/F_{5\%}$) criteria

Показатель	$Ha(I-XII)$		Ha^*		$Ha(d)$		$Ha(IV-XI)$	
	$t_f/t_{5\%}$	$F_f/F_{5\%}$	$t_f/t_{5\%}$	$F_f/F_{5\%}$	$t_f/t_{5\%}$	$F_f/F_{5\%}$	$t_f/t_{5\%}$	$F_f/F_{5\%}$
р. Томь у г. Томска, 72 км от устья								
$Ha(I-XII)$	0,00	0,57	9,16	1,55	1,51	0,98	2,35	0,74
Ha^*	9,16	1,55	0,00	0,57	7,31	0,90	7,07	1,19
$Ha(d)$	1,51	0,98	7,31	0,90	0,00	0,57	0,63	0,76
$Ha(IV-XI)$	2,35	0,74	7,07	1,19	0,63	0,76	0,00	0,57
р. Васюган у п. Новый Васюган, 579 км от устья								
$Ha(I-XII)$	0,00	0,57	7,75	1,38	2,68	1,38	2,20	1,21
Ha^*	7,75	1,38	0,00	0,57	4,26	0,58	4,91	0,66
$Ha(d)$	2,68	1,38	4,26	0,58	0,00	0,57	0,50	0,65
$Ha(IV-XI)$	2,20	1,21	4,91	0,66	0,50	0,65	0,00	0,57
р. Икса у с. Плотниково, 261,9 км от устья								
$Ha(I-XII)$	0,00	0,51	4,96	3,34	1,89	1,10	1,55	1,00
Ha^*	4,96	3,34	0,00	0,51	3,43	1,56	3,72	1,71
$Ha(d)$	1,89	1,10	3,43	1,56	0,00	0,51	0,33	0,56
$Ha(IV-XI)$	1,55	1,00	3,72	1,71	0,33	0,56	0,00	0,51
р. Ключ у с. Полынянка, 2,3 км от устья								
$Ha(I-XII)$	0,00	0,41	3,42	0,41	0,26	0,94	1,01	0,70
Ha^*	3,42	0,41	0,00	0,41	2,43	0,95	1,93	0,71
$Ha(d)$	0,26	0,94	2,43	0,95	0,00	0,41	0,61	0,54
$Ha(IV-XI)$	1,01	0,70	1,93	0,71	0,61	0,54	0,00	0,41
Примечание – Расчеты выполнены для уровней непосредственно в створах постов Росгидромета; полужирным шрифтом выделены значения, для которых гипотеза об однородности выборок отклоняется.								

Во-вторых, значения уровней береговой линии, рассчитанные как среднее арифметическое среднесуточных уровней воды за период открытого русла $Ha(d)$, статистически неотличимы (с уровнем значимости 5 %) от значений $Ha(IV-XI)$, полученных как среднее арифметическое среднемесячных уровней воды за периоды весенне-летнего половодья и летне-

осенней межени. Учитывая существенно меньшую трудоемкость последнего способа, в рамках действующего законодательства [1, 3, 4] целесообразно определять уровень береговой линии при наличии данных наблюдений как среднее арифметическое среднемесячных (по годам) уровней воды с начала весенне-летнего половодья до окончания летне-осенней межени с учетом границ гидрологических сезонов согласно «Методическим рекомендациям по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений» [7].

В-третьих, в пределах участков, затапливаемых речными водами с обеспеченностью менее 1 %, подтопление наблюдается в основном в местах разгрузки подземных вод на склонах долин при нисходящем режиме взаимодействия подземных и речных вод; на прочих участках подтопление обычно слабое (2–3 м) либо отсутствует. На территориях с высотными отметками рельефа менее среднего максимального уровня речных вод достаточно часто наблюдается среднее подтопление (от 0,3 до 2,0 м), а на гривах – слабое. На таких участках режим взаимодействия подземных и речных вод в весенне-летнее половодье часто подпорный, а в летне-осеннюю и зимнюю межень – подпорный или нисходящий, причем недалеко от проток и стариц на изученных участках р. Обь, Томь, Васюган, Парабель, Киевский Ёган может наблюдаться заметное увеличение амплитуды колебаний уровней грунтовых вод в годы и периоды года с разной водностью.

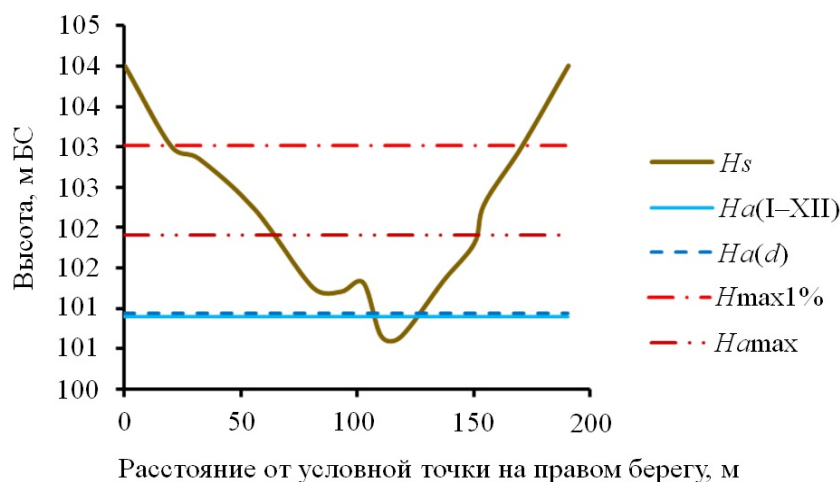
В-четвертых, вероятность подтопления в целом выше на участках (в пределах речных долин) с преобладанием пойменной многорукавности (средняя глубина грунтовых вод $h_{gr}(a) = 4,7 \text{ м} \pm 1,6 \text{ м}$: р. Томь у с. Батурино, гидрогеологические скважины 153р, 154р; р. Обь у с. Могочино, эксплуатационные скважины и колодцы в с. Могочино) и свободного меандрирования ($h_{gr}(a) = 4,7 \text{ м} \pm 1,8 \text{ м}$: р. Чулым у с. Тегульдэт, скв. 137р; р. Тым у с. Напас, скв. 157р, 156р; р. Киевский Ёган, Парабель, Колга, Васюган,

результаты инженерно-геологического обследования), заметно меньше – на участках с русловой многорукавностью ($h_{gr}(a) = 6,1 \text{ м} \pm 1,4 \text{ м}$: р. Томь в г. Томске и Томском районе, скв. 193р, 68Ар, 204р) и особенно с ограниченным меандрированием ($h_{gr}(a) = 7,8 \text{ м} \pm 0,2 \text{ м}$: р. Васюган у с. Средний Васюган, скв. 169р, 167р; р. Кеть у п. Белый Яр, скв. 113р; р. Чулым у с. Зырянское, скв. 79р, 81р; р. Чая у с. Подгорное, скв. 94р; р. Чузик у с. Пудино, скв. 129р). Преобладающие типы русловых процессов определены с учетом данных В. А. Льготина [13], СТО ГУ ГГИ 08.29-2009². Следует отметить, что полученные результаты в целом согласуются и дополняют результаты оценки негативного воздействия русловых деформаций в Обском бассейне [14] и предложения по выделению категорий рек при проектировании противозерозионных сооружений [15] в части взаимосвязи условий формирования речных русел, гидрологического и гидрогеологического режима территорий. Можно предположить, что процессы взаимодействия подземных и речных вод связаны с устойчивостью склонов долин и берегов и, следовательно, с русловыми (и пойменными) процессами.

В-пятых, более понятный физический смысл соответствует границе реки по среднему максимальному уровню воды по причинам: 1) диапазон изменений границ водного объекта в период действия их оценки (не реже одного раза в 25 лет [3]) рассматривается как разница между средними значениями минимального и максимального уровней вод (рисунок 1); 2) логично, если к водному объекту относится территория, которая обычно (чаще, чем в среднем) покрыта водой; 3) в рельефе профиля, пересекающего русло и пойму, обычно достаточно заметен градиент уклонов; 4) обычно ниже среднего максимального уровня речных вод может наблюдаться подпорный или нисходящий режим взаимодействия с грунтовыми водами, выше –

²СТО ГУ ГГИ 08.29-2009. Учет руслового процесса на участках подводных переходов трубопроводов через реки. СПб.: Нестор-История, 2009. 184 с. EDN: QNYCGX.

в основном только подпорный, что косвенно также указывает на границу поверхностного водного объекта. Близкие по смыслу предложения (в части совмещения границ подтопления и береговой линии) сформулированы в работе В. А. Казакова, А. А. Шарапова [16].



H_s – высота поверхности рельефа водосбора или дна реки;
остальные условные обозначения приведены в таблице 1
 H_s – height of the relief surface of the catchment area or river bottom;
other symbols are given in table 1

Рисунок 1 – Поперечный профиль долины р. Ключ в 5,8 км от истока
Figure 1 – The cross profile of the Klyutch river valley
in 5.8 km from the source

В-шестых, зона затопления при уровне речных вод с обеспеченностью 1 % может рассматриваться как основная часть поймы по причинам: 1) в рельефе профиля, пересекающего долину, обычно достаточно заметен градиент уклонов; 2) за пределами этой зоны вероятность подтопления за счет подпора речными водами резко снижается; сильное подтопление практически не наблюдается. Сопоставимые выводы получены в работе В. В. Беликова, Н. М. Борисовой, А. Б. Румянцева [17] на основе анализа ситуации в долинах других рек Российской Федерации.

В процессе исследования также было отмечено, что в зоне затопления (в пойме) могут находиться низинные болота и гидрофильная растительность, но верховые болота и сосна обыкновенная в возрасте более 80 лет на изученных участках рек не зафиксированы [9, 10].

Таким образом, полученные результаты в целом свидетельствуют не только о возможности, но и о необходимости физико-географического контроля гидрологических расчетов в рамках географо-гидрологического метода как способа решения гидрологических задач с учетом взаимодействий между компонентами окружающей среды³. Общая последовательность такого контроля применительно к условиям Томской области в частности и таежной зоны Западной Сибири в целом заключается в следующем:

- проводится сопоставление расчетных уровней речных вод с рельефом долины – среднемноголетний максимальный уровень $H_{\max}(a)$ и максимальный уровень обеспеченностью 1 % $H_{\max}(1\%)$ обычно соотносятся с достаточно заметным изменением уклонов склонов, связанным с эрозийной деятельностью вод при периодическом затоплении территории; береговая линия рек по результатам гидрологических расчетов корректируется по внешнему контуру их проток (согласно Водному кодексу Российской Федерации [1], протоки не рассматриваются как самостоятельные поверхностные водные объекты);

- дополнительно анализируется наличие болот и древесной растительности – с обеспеченностью 1 % и менее обычно могут затапливаться только низинные болота и другие участки с гидрофильной растительностью; наличие верховых болот и сосны обыкновенной, как правило, указывает на отсутствие затопления территории в последние 80–100 лет (при отсутствии значительного антропогенного воздействия);

- выделяются участки речной долины с высокой вероятностью сильного, умеренного и слабого подтопления с учетом соотношения высотных отметок рельефа H_s , значений $H_{\max}(a)$, $H_{\max}(1\%)$ и преобладающего типа руслового процесса.

³Кузин П. С., Бабкин В. И. Географические закономерности гидрологического режима рек. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 200 с.

Выводы. Определение положения береговой линии рек на территории Томской области может проводиться по данным о среднемесячных уровнях речных вод весенне-летнего половодья и летне-осенней межени. С уровнем значимости 5 % полученные этим способом значения статистически не отличаются от значений, полученных путем осреднения среднесуточных уровней воды за период открытого русла.

Физически более обоснованным (сопоставимым с рельефом и геоботаническими условиями) представляется определение береговой линии по среднемноголетнему максимальному расходу воды, который при наличии (и недостаточности) наблюдений рассчитывается как среднее арифметическое максимальных годовых уровней, а при их отсутствии – по зависимости расхода воды (значение вычисляется по среднемноголетнему максимальному модулю стока реки-аналога) с учетом изменений уклонов поперечного профиля поймы.

Внешние границы собственно поймы, а также водоохранной зоны целесообразно оценивать по максимальному уровню воды обеспеченностью 1 %, что обеспечит более объективное выполнение природоохранных требований (в настоящее время водоохранная зона может находиться внутри зоны затопления; соответственно, при затоплении все загрязняющие вещества без дополнительной фильтрации и сорбции на частицах аллювиальных отложений поступают непосредственно в поверхностный водный объект).

Указанные выше выводы и в целом алгоритм физико-географического контроля достоверности гидрологических расчетов получены в основном для равнинной территории южно- и среднетаежной подзон Западной Сибири. Их практическая реализация в других природных условиях целесообразна при проведении дополнительных работ.

Список источников

1. Водный кодекс Российской Федерации от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ (с изм. на 4 авг. 2023 г.). М.: Кремль, 2023. 52 с.

2. Manual on stream gauging. Vol. 2. Computation of discharge. WMO-No. 1044. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization, 2010. 198 p.

3. Правила определения местоположения береговой линии (границы водного объекта), случаев и периодичности ее определения: утв. Постановлением Правительства Рос. Федерации от 29 апр. 2016 г. № 377 (с изм. на 30 нояб. 2019 г.). М.: Правительство РФ, 2019. 5 с.

4. Правила определения границ зон затопления, подтопления: утв. Постановлением Правительства Рос. Федерации от 18 апр. 2014 г. № 360 (с изм. на 17 авг. 2022 г.). М.: Правительство РФ, 2022. 7 с.

5. Крыленко И. Н. Оценка характеристик затопления при изменениях климата // Водные ресурсы. 2023. Т. 50, № 4. С. 485–491. DOI: 10.31857/S0321059623040156. EDN: QIYBWN.

6. Определение основных расчетных гидрологических характеристик: СП 529.132 5800.2023: утв. М-вом стр-ва и жилищ.-комму. хоз-ва Рос. Федерации 11.09.23: введ. в действие с 12.10.23. М.: Минстрой России, 2023. 152 с.

7. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений / Гос. гидрол. ин-т. СПб.: Нестор-История, 2009. 193 с.

8. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при наличии данных гидрометрических наблюдений / Гос. гидрол. ин-т. СПб.: Росгидромет, 2005. 46 с.

9. Савичев О. Г., Скугарев А. А. Оценка опасности затопления приречных территорий рек Оби и Томи в пределах Томской области // Геоинформатика. 2008. № 2. С. 61–66. EDN: JYJOZN.

10. Березин А. Е. Ландшафты Васюганского заповедника // Западно-Сибирские торфяники и цикл углерода: прошлое и настоящее: материалы VI Междунар. полевого симп. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2021. С. 57–58. EDN: UMNCKT.

11. Savichev O., Moiseeva J., Guseva N. Changes in the groundwater levels and regimes in the taiga zone of Western Siberia as a result of global warming // Theoretical and Applied Climatology. 2022. Vol. 147, № 3–4. P. 1121–1131. DOI: 10.1007/s00704-021-03879-4. EDN: MHDMNS.

12. Состояние геологической среды (недр) территории Сибирского федерального округа в 2021 году: информ. бюл. Вып. 18 / Федер. агентство по недропользованию, Гидроспецгеология, Фил. «Сиб. регион. центр ГМСН»; гл. ред. В. А. Льготин. Томск, 2022. 204 с.

13. Льготин В. А. Русловые процессы на реках Томского Приобья // Вопросы географии Сибири: сб. ст. / под ред. А. А. Земцова. Томск: Том. гос. ун-т, 1987. С. 117–120. EDN: VXGUWR.

14. Куракова А. А. Оценка опасных проявлений горизонтальных русловых деформаций на реках Обь-Иртышского бассейна // Водные ресурсы. 2023. Т. 50, № 6. С. 686–700. DOI: 10.31857/S0321059623600254. EDN: NWHMQQ.

15. Анохин А. М., Гарбуз А. Ю. Комплекс конструкций и сооружений для защиты берегов рек и каналов от эрозии // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2023. Т. 13, № 2. С. 318–333. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1370> (дата обращения: 15.12.2023). DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-2-318-333. EDN: NVGMWG.

16. Казаков В. А., Шарапов А. А. Проблемы правоприменения при установлении зон затопления и подтопления на примере г. Исилькуль Омской области // Актуальные проблемы частно-правовых и публично-правовых отношений в сфере рационального использования и охраны окружающей среды: материалы регион. (межвуз.) науч.-практ. конф. Красноярск: Красноярский ГАУ, 2023. С. 111–114. EDN: MDXALW.

17. Беликов В. В., Борисова Н. М., Румянцев А. Б. К вопросу об оценке рисков затопления и защите селитебных территорий, расположенных в поймах рек // Водные ресурсы. 2023. Т. 50, № 1. С. 39–52. DOI: 10.31857/S0321059623010042. EDN: EDJSXK.

References

1. *Vodnyy kodeks Rossiyskoy Federatsii* [The Water Code of the Russian Federation] of 3 June, 2006, no. 74-FL, as of August 4, 2023. Moscow, Kremlin, 2023, 52 p. (In Russian).
2. Manual on Stream Gauging. Vol. 2. Computation of Discharge. WMO-No. 1044. Geneva, Switzerland, World Meteorological Organization, 2010, 198 p.
3. *Pravila opredeleniya mestopolozheniya beregovoy linii (granitsy vodnogo ob"ekta), sluchaev i periodichnosti yeye opredeleniya* [Rules for determining the location of the coast-line (boundaries of a water body), cases and frequency of its determination]. Resolution of the Government of the Russian Federation of 29 April, 2016, no. 377, as of November 30, 2019. Moscow, 2019, 5 p. (In Russian).
4. *Pravila opredeleniya granits zon zatopleniya, podtopleniya* [Rules for determining the boundaries of zones of flooding, underflooding]. Resolution of the Government of the Russian Federation of 18 April, 2014, no. 360, as of November 30, 2019. Moscow, 2022, 7 p. (In Russian).
5. Krylenko I.N., 2023. *Otsenka kharakteristik zatopleniya pri izmeneniyakh klimata* [Evaluating inundation characteristics under climate changes]. *Vodnye resursy* [Water Resources], vol. 50, no. 4, pp. 485-491, DOI: 10.31857/s0321059623040156, EDN: QIYBWH. (In Russian).
6. *SP 529.1325800.2023. Opredelenie osnovnykh raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik* [Determination of the main design hydrological characteristics]. Moscow, Ministry of Construction of Russia, 2023, 152 p. (In Russian).
7. *Metodicheskie rekomendatsii po opredeleniyu raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik pri otsutstvii dannykh gidrometricheskikh nablyudeniy* [Methodological Recommendations for Determining the Calculated Hydrological Characteristics in the Absence of Hydrometric Observations]. St. Petersburg, Nestor-History Publ., 2009, 193 p. (In Russian).
8. *Metodicheskie rekomendatsii po opredeleniyu raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik pri nalichii dannykh gidrometricheskikh nablyudeniy* [Methodological Recommendations for Determining the Calculated Hydrological Characteristics in the Presence of Hydrometric Observations]. St. Petersburg, Roshydromet, 2005, 46 p. (In Russian).
9. Savichev O.G., Skugarev A.A., 2008. *Otsenka opasnosti zatopleniya prirechnykh territoriy rek Obi i Tomi v predelakh Tomskoy oblasti* [Assessing the risk of flood of Ob and Tom rivers streamside the Tomsk region]. *Geoinformatika* [Geoinformatics], no. 2, pp. 61-66, EDN: JYJOZN. (In Russian).
10. Berezin A.E., 2021. *Landshafty Vasyuganskogo zapovednika* [The landscapes of the Vasyugansk reserve]. *Zapadno-Sibirskie torfyaniki i tsikl ugleroda: proshloe i nastoyashchee: materialy Shestogo Mezhdunarodnogo polevogo simpoziuma* [West Siberian Peat Bogs and Carbon Cycle: Past and Present. Proc. of the Sixth International Field Symposium]. Tomsk, Tomsk University Publ., pp. 57-58, EDN: UMNCKT. (In Russian).
11. Savichev O., Moiseeva J., Guseva N., 2022. Changes in the groundwater levels and regimes in the taiga zone of Western Siberia as global warming. Theoretical and Applied Climatology, vol. 147, no. 3-4, pp. 1121-1131, DOI: 10.1007/S00704-021-03879-4, EDN: MHDMS.
12. Lgotin V.A. (ed.), 2022. *Sostoyanie geologicheskoy sredy (nedr) territorii Sibirskogo federal'nogo okruga v 2021 godu: inform. byul. Vyp. 18* [The State of the Geological Environment (Subsoil) of the Territory of the Siberian Federal District in 2021: information bulletin]. Vol. 18, Federal Agency for Subsoil Use, Hydrospeztzgeologiya, branch "Siberian Regional Center of the GMSN". Tomsk, 204 p. (In Russian).

13. Lgotin V.A., 1987. *Ruslovyie protsessy na rekakh Tomskogo Priob'ya* [Channel processes on the rivers of the Tomsk Ob region]. *Voprosy geografii Sibiri: sb. st.* [Issues of Geography of Siberia: collection of articles]. Tomsk, Tomsk State University, pp. 117-120, EDN: VXGUWR. (In Russian).

14. Kurakova A.A., 2023. *Otsenka opasnykh proyavleniy gorizontal'nykh ruslovykh deformatsiy na rekakh Ob'-Irtyskogo basseyna* [Assessing hazardous manifestations of horizontal channel deformations in rivers of the Ob-Irtys basin]. *Vodnyye resursy* [Water Resources], vol. 50, no. 6, pp. 686-700, DOI: 10.31857/s0321059623600254, EDN: NWHMQQ. (In Russian).

15. Anokhin A.M., Garbuz A.Yu., 2023. [A complex of river bank-and-canal protection structures and facilities from erosion]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 13, no. 2, pp. 318-333, available: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1370> [accessed 15.12.2023], DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-2-318-333, EDN: NVGMWG. (In Russian).

16. Kazakov V.A., Sharapov A.A., 2023. *Problemy pravoprimereniya pri ustanovlenii zon zatopleniya i podtopleniya na primere g. Isil'kul' Omskoy oblasti* [Problems of law enforcement in establishing flood zones and flooding on the example of the city of Isilkul, Omsk region]. *Aktual'nye problemy chastno-pravovykh i publichno-pravovykh otnosheniy v sfere ratsional'nogo ispol'zovaniya i okhrany okruzhayushchey sredy: materialy regional'noy (mezhvuzovskoy) nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Current Issues of Private Law and Public Law Relations in the Field of Rational Use and Environmental Protection: Proc. of the Regional (Interuniversity) Scientific and Practical Conference]. Krasnoyarsk, Krasnoyarsk State Agrarian University, pp. 111-114, EDN: MDXALW. (In Russian).

17. Belikov V.V., Borisova N.M., Rumyantsev A.B., 2023. *K voprosu ob otsenke riskov zatopleniya i zashchite selitebnykh territoriy, raspolozhennykh v poymakh rek* [Assessing inundation risks and protection of residential territories in river floodplains]. *Vodnyye resursy* [Water Resources], vol. 50, no. 1, pp. 39-52, DOI: 10.31857/s0321059623010042, EDN: EDJSXK. (In Russian).

Информация об авторе

О. Г. Савичев – профессор отделения геологии, доктор географических наук, профессор, Томский политехнический университет, Томск, Российская Федерация, OSavichev@mail.ru, SCOPUS AuthorID: 26654450600, Web of Science ResearcherID: W-3762-2018, AuthorID: 102834, ORCID ID: 0000-0002-9561-953X.

Information about the author

O. G. Savichev – Professor of the Department of Geology, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russian Federation, OSavichev@mail.ru, SCOPUS AuthorID: 26654450600, Web of Science ResearcherID: W-3762-2018, AuthorID: 102834, ORCID ID: 0000-0002-9561-953X.

*Автор несет ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.
The author is responsible for violation of scientific publication ethics.*

*Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.
The author declares no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 16.01.2024; одобрена после рецензирования 09.02.2024; принята к публикации 14.02.2024.
The article was submitted 16.01.2024; approved after reviewing 09.02.2024; accepted for publication 14.02.2024.*