

УДК 528.441.21:502.51(571.16)
DOI: 10.18799/24131830/2024/1/4429
Шифр специальности ВАК: 1.6.6, 1.6.15

Границы водных объектов и их водоохранных зон на заболоченных территориях (на примере реки Иксы, Томская область, Российская Федерация)

Л.Н. Чилингер, Н.В. Гатина✉, Е.Ю. Пасечник

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск

✉nvg10@tpu.ru

Аннотация. Актуальность. В настоящее время существует ряд противоречий в определении границ водных объектов, а также специальных зон их охраны и использования, поскольку имеется крайняя необходимость в корректной установке таких зон. Кроме того, законодательно не закреплены расчетные вероятности для оценки положения береговых линий. В связи с этим в статье выполнен анализ достоверности определения границ береговых линий и водоохранных зон рек на заболоченных территориях, где наиболее часто возникают проблемы неточного определения границ. **Цель:** сравнительный анализ различных способов оценки положения береговой линии и границ водоохранной зоны реки с сильно заболоченным водосбором. **Методы:** статистические и картографические методы, дешифрирование космо- и аэрофотоснимков. **Результаты и выводы.** Проведен анализ многолетних данных режимных гидрометеорологических наблюдений (1933–2007 гг.), материалов полевых обследований и дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли участка р. Иксы у с. Плотниково. Показано, что для этой реки наиболее рациональный способ оценки границ водного объекта заключается в определении среднесезонного максимального уровня воды (границы нижней поймы), а границ водоохранной зоны – по максимальному уровню воды обеспеченностью 1 % (границы верхней поймы). Эти границы достаточно заметны при рекогносцировочных обследованиях, проведении инженерных изысканий и использовании материалов дистанционного зондирования Земли. Все это повышает эффективность природоохранных мероприятий за счет более обоснованного выделения водоохранных зон и позволяет оптимизировать методику определения их границ вследствие использования этих данных вместо формальной интерполяции между пунктами наблюдений.

Ключевые слова: методика определения, береговая линия, водоохранные зоны, дешифрирование космоснимков, заболоченные территории, река Икса, Томская область

Благодарности: Исследование выполнено за счет гранта РФФИ (проект № 23-27-00039).

Для цитирования: Чилингер Л.Н., Гатина Н.В., Пасечник Е.Ю. Границы водных объектов и их водоохранных зон на заболоченных территориях (на примере реки Иксы, Томская область, Российская Федерация) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2024. – Т. 35. – № 1. – С. 212–220. DOI: 10.18799/24131830/2024/1/4429

UDC 528.441.21:502.51(571.16)
DOI: 10.18799/24131830/2024/1/4429

Borders of water bodies and their water protection zones in wetlands (on the example of the Iksa river, Tomsk region, Russian Federation)

L.N. Chilinger, N.V. Gatina✉, E.Yu. Pasechnik

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russian Federation

✉nvg10@tpu.ru

Abstract. Relevance. Currently, there are a number of contradictions in defining the boundaries of water bodies, as well as special zones for their protection and use, because there is an urgent need for the correct establishment of such zones. In addition, the calculated probabilities for assessing the position of coastlines are not legally established. In this regard, the article examines the importance of reliably defining the boundaries of coastlines and river water protection zones in wetlands where there are many contradictions. **Aim.** Comparative analysis of various methods for assessing the position of the coastline and the boundaries of the water protection zone of a river with a heavily swamped catchment. **Methods.** Statistical and cartographic methods, interpretation of space and aerial photographs. **Results and conclusions.** The authors have carried out the analysis of long-term data from routine hydrometeorological observations (1933–2007), materials from field surveys and interpretation of remote sensing data of the river Ikxa section near the village Plotnikovo. It is shown that for this river the most rational way to assess the boundaries of a water body is to determine the average long-term maximum water level (the boundaries of the lower floodplain), and the boundaries of the water protection zone – by the maximum water level with a supply of 1% (the boundaries of the upper floodplain). These boundaries are quite noticeable during reconnaissance surveys during engineering studies and when using Earth remote sensing materials. All this increases the efficiency of environmental protection measures due to a more reasonable identification of water protection zones and makes it possible to optimize the methodology for determining their boundaries due to the use of these data instead of formal interpolation between observation points.

Keywords: determination method, coastline, water protection zones, interpretation of satellite images, wetlands, Ikxa River, Tomsk region

Acknowledgements: The research was carried out using the RSF grant (project no. 23-27-00039).

For citation: Chiling L.N., Gatina N.V., Pasechnik E.Yu. Borders of water bodies and their water protection zones in wetlands (based on the example of the Ikxa river, Tomsk region, Russian Federation). *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 2024, vol. 335, no. 1, pp. 212–220. DOI: 10.18799/24131830/2024/1/4429

Введение

Необходимость оценки границ водных объектов и специальных зон их охраны и использования определяется требованиями Российского и международного законодательства [1–6], но имеет ряд теоретических и методических вопросов, затрудняющих решение этой задачи [7–10]. В частности, не всегда очевидно, как определить границу реки по среднему уровню воды за период открытого русла [1] при отсутствии данных режимных гидрометеорологических наблюдений. Если нет подобных данных, то [11, 12] необходимо руководство-

ваться алгоритмом, представленным на рис. 1, подобрав реку-аналог.

Водный кодекс РФ [1] не определяет расчетные вероятности для оценки положения береговой линии (хотя при оценке зон затопления используется обеспеченность 1 % [2]), при этом понятие «средний уровень» не привязано к временным рамкам (100 лет, 5 лет, 1 год, 1 час?).

Кроме того, как указано в [11], уровни воды от существующего гидрологического поста можно переносить по уклону на бесприточных участках протяженностью до 3 км.

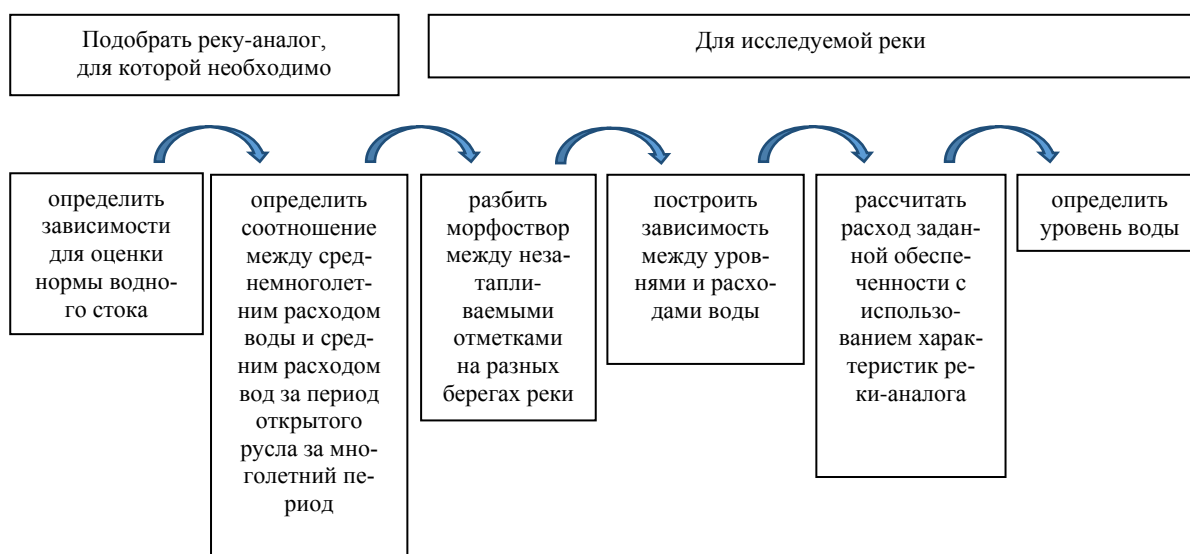


Рис. 1. Алгоритм определения границы реки по среднему уровню воды за период открытого русла

Fig. 1. Algorithm for determining the river boundary based on the average water level during the open channel period

Данный факт означает, что при отсутствии постов нужно разбивать морфостворы не чаще, чем через 3 км [11], однако есть возможность интерполяции по картам [3, 12]. Все это вместе, и ряд других вопросов, например, назначения границ водоохраных зон как территорий, в пределах которых происходит самоочищение поверхностного стока [1] или практической неоднозначности выделения границ болот по наличию торфа [8, 13], обуславливает актуальность уточнения методики оценки положения границ самих водных объектов (особенно на заболоченных территориях) и их водоохраных зон. Именно такая цель и была поставлена авторами применительно к реке Иксе – элементу гидрографической системы «р. Икса – р. Чая – р. Обь – Карское море». Задачи исследования: (1) определить характерные уровни воды в р. Иксе с использованием различных подходов и (2) сопоставить их с рельефом и растительностью для получения более полной картины взаимосвязей между компонентами окружающей среды, которые: (а) необходимо учитывать при проведении землеустроительных работ и инженерных изысканий; (б) помогут оптимизировать соответствующие работы.

Объект и методика исследования

Река Икса имеет протяженность 430 км, площадь водосбора – 6130 км². На этой реке расположено несколько гидрологических постов (с. Плотниково, пос. Копаное Озеро, пос. Восточный, с. Ермиловка), но наиболее полно программа гидрологических наблюдений реализуется у с. Плотниково (с 1933 г. по настоящее время). В этом створе длина р. Иксы от истока составляет 154 км, площадь водосбора – 2560 км² при средней высоте 130 м, заболоченности 49 % и лесистости 50 % [14, 15]. С учетом сложности выделения границ болот фактическая заболоченность водосбора может быть заметно больше [13, 16, 17]. В целом р. Икса в створе с. Плотниково является водотоком, весьма характерным для южно-таежной подзоны Западной Сибири, что позволяет распространить полученные выводы на многие другие водотоки в Обь-Иртышском междуречье.

Методика исследования, в соответствии с указанными выше задачами предполагала проведение следующих мероприятий:

- 1) расчеты уровней воды по варианту при наличии данных наблюдений [11]; расчеты выполнены по доступным материалам Росгидромета [14, 15] за 1933–2007 гг. под руководством О.Г. Савичева по формулам (1)–(10):

$$A = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}, \quad (1)$$

$$\sigma = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - X_A)^2}{N-1}, \quad (2)$$

$$\delta_A = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}, \quad (3)$$

$$Cv^* = \frac{\sigma}{A}, \quad (4)$$

$$Cs^* = \frac{N \cdot \sum_{i=1}^N \left(\frac{X_i}{X_{a1}} - 1\right)^3}{Cv^3 \cdot (N-1) \cdot (N-2)}, \quad (5)$$

$$Cv = \left(a_1 + \frac{a_2}{N}\right) + \left(a_3 + \frac{a_4}{N}\right) \cdot Cv^* + \left(a_5 + \frac{a_6}{N}\right) \cdot Cv^{*2}, \quad (6)$$

$$Cs = \left(b_1 + \frac{b_2}{N}\right) + \left(b_3 + \frac{b_4}{N}\right) \cdot Cs^* + \left(b_5 + \frac{b_6}{N}\right) \cdot Cs^{*2}, \quad (7)$$

$$r(1)^* = \frac{\sum_{i=2}^N (X_i - X_{a1}) \cdot (X_{i-1} - X_{a2})}{\sqrt{\sum_{i=2}^N (X_i - X_{a1})^2 \cdot \sum_{i=1}^{N-1} (X_i - X_{a2})^2}}, \quad (8)$$

$$r(1) = -0,01 + 0,98 \cdot r(1)^* - 0,06 \cdot r(1)^{*2} + \left(1,66 + 6,46 \cdot r(1)^* + 5,69 \cdot r(1)^{*2}\right) \cdot \frac{1}{N}, \quad (9)$$

$$N^* \geq (6 - 10); \frac{r}{\delta_r} \geq r_{kr}; \delta_r \approx \frac{1 - r^2}{\sqrt{N - 1}}; \frac{k_r}{\delta_k} \geq k_{kr}; R^2 \geq 0,36, \quad (10)$$

где X_i – исследуемая величина (расход воды Q или уровень воды H) в ряду от $i=1$ до N ; A и δ_A – среднее арифметическое и погрешность его определения; σ – среднее квадратическое отклонение; Cv^* и Cv – смещенная и несмещенная оценки коэффициента вариации; Cs^* и Cs – смещенная и несмещенная оценки коэффициента асимметрии; r^* , r и δ_r – смещенная и несмещенная оценки коэффициента корреляции и погрешность его определения; k_r и δ_k – коэффициент регрессии и погрешность его определения; r_{kr} и k_{kr} – критические отношения в рассматриваемом случае (при уровне значимости около 5 %) приняты равными двум; R^2 – квадрат корреляционного отношения [11]; дополнительно к расчету уровней по материалам Росгидромета проведена оценка положения береговой линии по зависимости между уровнями H и расходами Q воды вида $H=f(Q)$ согласно [11];

- 2) съемку местности в створе поста и на прилегающей территории с использованием квадрокоптера DJI Phantom 4 Pro; работы проведены Л.Н. Чилингер и Н.В. Гатиной 22.05.2023 и 15.09.2023 г.;
- 3) картографические работы и анализ положения уровней воды разной обеспеченности с характерными формами рельефа и растительностью; работы выполнены с использованием подходов, изложенных в [13, 18–22]. В частности, применялись космические снимки ИСЗ Landsat 7 с разрешением 30 м, которые затем классифицировались по следующим спектральным диапазонам (в мкм): 1) 0,45...0,52; 2) 0,52...0,60; 3) 0,63...0,69; 4) 0,76...0,90; 5) 1,55...1,75. Таким образом, наиболее удачным результатом явилась интеграция 5, 4, 2 каналов (рис. 2, б).

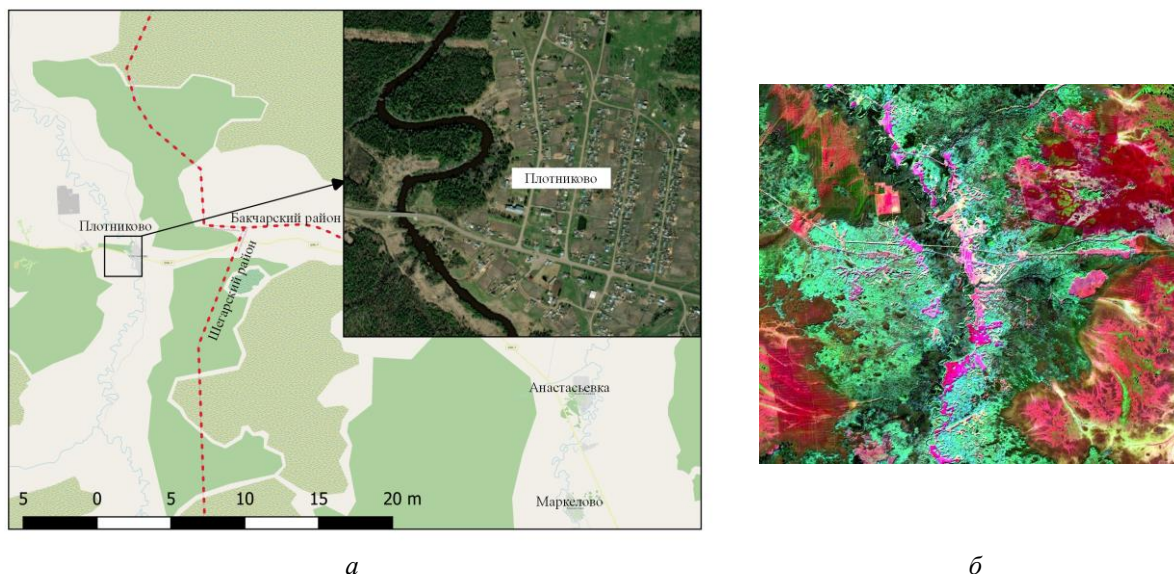


Рис. 2. Схема расположения (а) и снимок LandSat 7 (б) исследуемого участка на р. Иксе у с. Плотниково
Fig. 2. Location diagram (a) and LandSat 7 image (b) of the study area on the river Ikse near the village Plotnikovo

Результаты исследования и их обсуждение

Граница реки – ее береговая линия – определяется по «по среднемноголетнему уровню вод в период, когда они не покрыты льдом» [1]. Отсутствие более подробных разъяснений [1] с учетом доступной гидрометеорологической информации позволяет рассматривать следующие способы количественной оценки положения береговой линии при наличии данных наблюдений: 1) среднее арифметическое из суточных уровней за период с открытым руслом за каждый год наблюдений при условии, что средняя квадратическая погрешность не превышает 10 % [11, 12]; 2) среднее арифметическое из максимального и минимального уровней за период открытого русла за каждый год наблюдений; 3) среднее арифметическое из максимального и минимального уровня за период открытого русла по данным [15] с дополнением актуальными данными за последние годы. При отсутствии данных наблюдений общим является (а) построение зависимости между уровнями и расходами воды $H=f(Q)$ [11] в каждом расчетном морфостворе, (б) оценка расчетного расхода воды Q и (в) определение по нему расчетного уровня воды H , но при этом (на этапе б) возникает возможность следующих вариантов расчета: 4) среднего расхода воды за период открытого русла; 5) среднего годового расхода воды; 6) минимального и максимального расхода воды, для которого рассчитывается среднее арифметическое.

Данные наблюдений имеются по ограниченному количеству постов Росгидромета, а использование варианта № 1 связано с существенными временными и финансовыми затратами (в том числе на приобретение суточных уровней воды за многолетний

период; например, для р. Иксы у с. Плотниково – с 1933 г.). Достаточно затратным является и способ № 2. Минимальны затраты при использовании способа № 3, но нет утвержденной методики, в которой оценивается расхождение между результатами по приведенным способам (1–3). Указанные проблемы сопровождают и расчеты по вариантам отсутствия данных наблюдений (необходимо приобретать данные по рекам-аналогам, выявлять региональные зависимости [12]), но в этом случае дополнительно добавляется заведомо ожидаемое расхождение между расчетными обеспеченностями расходов и уровней воды или нормой стока за многолетний период и его частью при открытом русле, а также различия в соотношениях между нормой стока за год и периодом открытого русла для исследуемой реки и реки-аналога. Кроме того, непонятно, какую обеспеченность использовать при расчете максимального и минимального стока [8]. Если указано [2] на необходимость использования обеспеченности 1 % при оценке зон затопления, что косвенно можно распространить и на расчет береговой линии, то для минимального стока нет и таких указаний.

С учетом этого авторами были определены следующие характеристики уровня режима р. Иксы у с. Плотниково: 1) $H(I-XII)$ – средний уровень воды за многолетний период; 2) H_{max} – максимальный уровень воды за многолетний период (для рассматриваемой территории максимальный уровень обычно наблюдается несколько позже ледохода); 3) $H_{min-opn}$ – минимальный уровень воды при открытом русле за многолетний период; 4) $H_{min-ice}$ – минимальный уровень воды при ледовых явлениях за многолетний период; 5) $H^*=(H_{min-opn}+H_{max})/2$ –

среднее арифметическое из величин $H_{\min\text{-опн}}$ и H_{\max} ; 6) $H(\text{IV-X})$ – средний уровень воды в апреле–октябре за многолетний период; 7) $H(Q_a)$ – уровень воды, соответствующий среднему многолетнему расходу воды Q_a ; 8) $H(Q(\text{IV-X}))$ – уровень воды, соответствующий среднему расходу воды в апреле–октябре за многолетний период $Q(\text{IV-X})$ (табл. 1).

Таблица 1. Характерные уровни воды р. Иксы у с. Плотниково, см, над «нулем» графика поста (99,08 м в Балтийской системе высот)

Table 1. Characteristic water levels of the river Ikse near the village Plotnikovo, cm, above «zero» of the post graph (99.08 m in the Baltic height system)

Статистика Statistics	$H(\text{I-XII})$	H_{\max}	$H_{\min\text{-опн}}$	$H_{\min\text{-всв}}$	H	$H(\text{IV-X})$	$H(Q_a)$	$H(Q(\text{IV-X}))$
A	152	465	112	97	286	181	170	206
δ_A	5,4	20,5	3,1	2,4	10,3	7,6	-	-
Cv	0,22	0,34	0,21	0,19	0,27	0,25	-	-
Cs	0,74	0,53	0,43	0,03	0,37	0,92	-	-

Анализ полученных данных (табл. 1) показал, что выше моста автодороги Томск–Бакчар наиболее высокое значение получено при оценке береговой линии по среднему значению между максимальным и минимальным уровнем воды за период открытого русла для многолетнего периода H^* . Оценки, полученные остальными способами, достаточно близки друг к другу (рис. 3).

Если принять за основу именно значение H^* (высотная отметка 101,94 м БС), то положение границ водоохранной зоны р. Иксы (200 м в каждую сторону от береговой линии) определяется следующими значениями: 1) левый берег: расстояние от условной точки на левом берегу (рис. 4) до береговой линии – 2854 м, расстояние от условной точки на левом берегу (рис. 4) до границы водоохранной зоны – 2654 м, высота поверхности границы водоохранной зоны – 109,22 м; 2) правый берег: расстояние от условной точки на левом берегу (рис. 4) до береговой линии – 2895 м, расстояние от условной точки на левом берегу (рис. 4) до границы водоохранной зоны – 3095 м, высота поверхности границы водоохранной зоны – 106,70 м.

Таким образом, ширина водотока в границах по H^* составляет 41 м (а не среднее наблюдаемое значение ширины потока $26,5 \pm 2,2$ м), а общая ширина потока и водоохранных зон – 441 м (рис. 4). При этом необходимо отметить, что установленные границы водоохранной зоны лишь частично соотносятся с границами поймы, под которой понимается «часть дна речной долины, сложенная наносами и периодически заливаемая в половодье и па-

водки» [23]. Так, правобережная граница водоохранной зоны (106,70 м) примерно соответствует максимальному уровню воды обеспеченностью 5 % (106,54 м; рис. 5), а физическая (выраженная в рельефе) граница высокой поймы (около 108 м), примерно соответствующая максимальному уровню обеспеченностью 1 % (107,96 м), выше правобережной границы, но ниже левобережной (109,22 м).

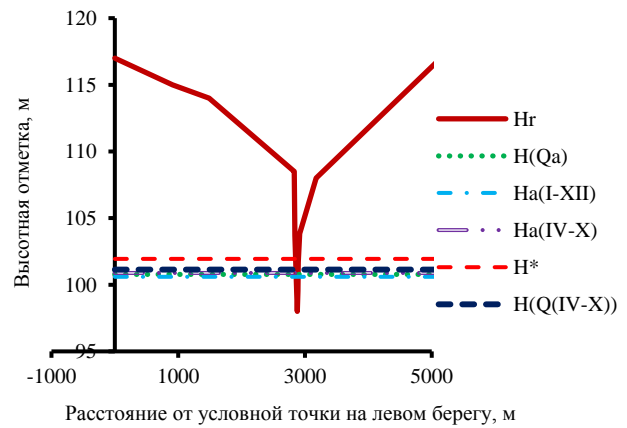


Рис. 3. Профиль долины р. Иксы у с. Плотниково и средние уровни воды, рассчитанные различными способами (табл. 1); Hr – высотная отметка поверхности водосбора и дна реки; остальные обозначения – в табл. 1

Fig. 3. River Ikse valley profile near the village Plotnikovo and average water levels calculated in various ways (Table 1); Hr – elevation of the surface of the catchment area and the river bottom; other designations are in the Table 1

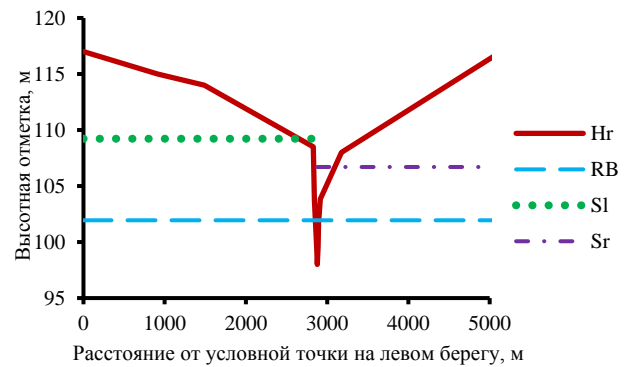


Рис. 4. Профиль долины р. Иксы у с. Плотниково и уровни воды, соответствующие: RB – береговой линии при отметке 104,94 м БС; Sl и Sr – лево- и правобережной границам водоохранной зоны; Hr – высотная отметка поверхности водосбора и дна реки

Fig. 4. River Ikse valley profile near the village Plotnikovo and water levels corresponding to: RB – coastline at an elevation of 104.94 m BS; Sl and Sr – left and right bank boundaries of the water protection zone; Hr – elevation of the surface of the catchment area and the river bottom

С учетом этого возникают сомнения в практическом природоохранном эффекте процедуры выделения водоохранных зон, под которыми понимаются «территории, которые примыкают к береговой линии (границам водного объекта) морей, рек, ручьев, каналов, озер, водохранилищ, и на которых устанавливается специальный режим осуществления хозяйственной и иной деятельности в целях предотвращения загрязнения, засорения, заиления указанных водных объектов и истощения их вод, а также сохранения среды обитания водных биологических ресурсов и других объектов животного и растительного мира» [1].

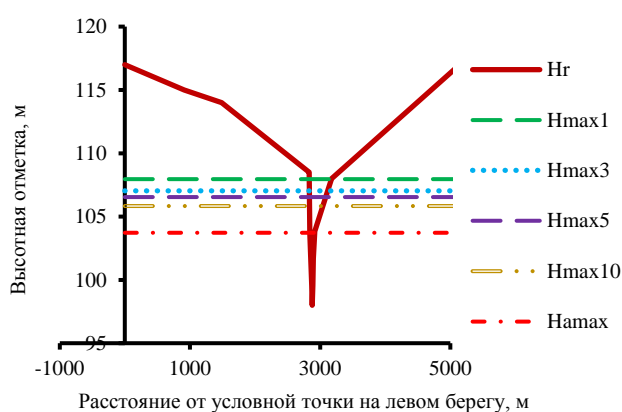


Рис. 5. Профиль долины р. Иксы у с. Плотниково и максимальные уровни воды обеспеченностью 1 % (H_{max1}), 3 % (H_{max3}), 5 % (H_{max5}), 10 % (H_{max10}); H_{max} – средний максимальный уровень воды; H_r – высотная отметка поверхности водосбора и дна реки

Fig. 5. River Iksa valley profile near the village Plotnikovo and maximum water levels with availability of 1 % (H_{max1}), 3% (H_{max3}), 5% (H_{max5}), 10% (H_{max10}); H_{max} – average maximum water level; H_r – elevation of the surface of the catchment area and the river bottom

Сопоставление результатов расчетов и обследования долины р. Иксы у с. Плотниково также позволяет предположить, что, во-первых, граница низкой поймы примерно соответствует среднему максимальному уровню воды $H_{amax}=103,73$ м (рис. 4). Во-вторых, именно это значение (103,73 м) наилучшим образом характеризует границы водотока в многоводный период, а не средний уровень за период открытого русла – понятие, не соотношенное ни с руслом (русло – это «выработанное речным потоком ложе, по которому осуществляется сток без затопления поймы»), ни с поймой [23]. В частности, в табл. 2 представлены данные по характерной обеспеченности уровня затопления для

различных территорий. Верховые болота в естественном состоянии не затопляются выше поверхности гряд, а пограничные участки низинных болот обычно затоплены ежегодно [13, 16, 18, 24].

Таблица 2. Данные по характерной обеспеченности уровня затопления для различных ландшафтных участков

Table 2. Data on the characteristic probability of flood levels for various landscape areas

Микроландшафты Microlandscapes	Обеспеченность уровня затопления, % Flood level probability, %
Луга, участки без растительности и занятые кустарником Meadows, areas without vegetation and with shrubs	>90
Участки, занятые березой Areas with birch trees	75–90
Участки с распространением осины, березы и тополя Areas with aspen, birch and poplar trees	50–75
Участки под смешанным лесом Areas with mixed forest	<50

Заключение

Анализ данных режимных гидрометеорологических наблюдений, материалов полевых обследований и дешифрования данных дистанционного зондирования Земли участка р. Иксы у с. Плотниково показал, что для рассмотренного примера наиболее рациональный способ оценки границ водного объекта заключается в определении среднегогодового максимального уровня воды, а границ водоохранной зоны – по максимальному уровню воды обеспеченностью 1 %. Первая величина (то есть среднегогодовой максимальный уровень воды) примерно соответствует границе нижней поймы, а вторая (максимальный уровень воды обеспеченностью 1 %) – границе верхней поймы. Эти границы достаточно заметны при: (1) проведении рекогносцировочных обследований инженерных изысканий, (2) использовании материалов дистанционного зондирования Земли, что, во-первых, делает более осмысленной процедуру определения специальных зон, необходимых для улучшения экологического состояния водных объектов. Во-вторых, использование дистанционного зондирования Земли с выделением растительности, адаптированной к разной вероятности затоплений и подтоплений, позволяет избежать избыточного формализма при линейной интерполяции положения границ береговой линии и зон затопления и тем самым улучшить качество работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водный кодекс Российской Федерации: федеральный закон от 03.06.2006 № 74-ФЗ. С изменениями на 02.07.2021 г. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/ (дата обращения 05.10.2023).
2. О зонах затопления, подтопления. Постановление Правительства РФ от 18.04.2014 № 360. С изменениями на 17.08.2022 г. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_162041/ (дата обращения 01.08.2023).
3. Об утверждении Правил определения местоположения береговой линии (границы водного объекта), случаев и периодичности ее определения и о внесении изменений в Правила установления на местности границ водоохранных зон и границ прибрежных защитных полос водных объектов. Постановление Правительства РФ от 29.04.2016 № 377. С изменениями на 17.08.2022 г. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_197594/ (дата обращения 05.08.2023).
4. Loucks D.P., Van Beek E. Water resources systems planning and management. An Introduction to Methods, Models and Applications. – Turin: UNESCO Publ., printed by Ages Arti Grafiche, 2005. – 679 p.
5. Manual on Stream Gauging. – Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization, 2010. – Vol. 1. – № 1044. – 252 p.
6. Manual on Stream Gauging. Computation of Discharge. – Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization, 2010. – Vol. 2. – № 1044. – 198 p.
7. Чилингер Л.Н. Разработка методики установления границ зон с особым водным режимом: автореф. дис. ... канд. тех. наук. – Новосибирск, 2020. – 24 с.
8. Савичев О.Г. Гидроэкологическое обоснование водохозяйственных решений. – Томск: Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2021. – 167 с.
9. Hydrogenous mineral neof ormations in Tomsk water intake facility from underground sources / E. Dutova, I. Vologdina, D. Pokrovsky, N. Nalivaiko, K. Kuzevanov, V. Pokrovsky // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – Vol. 33: Contemporary Issues of Hydrogeology, Engineering Geology and Hydrogeoeology in Eurasia. – 2016. – 012017. – 6 p.
10. Pasechnik E.Yu., Chilinger L.N. Development of the methods of environmental and sanitary-hygienic assessment of urbanized lands (on the example of the Ob-Tom interfluvium) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol. 350: Earth Sciences: History, Contemporary Issues and Prospects. – 012041. – 8 p.
11. СП 33-101-2003. Свод правил по проектированию и строительству. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – М.: Госстрой России, 2004. – 72 с.
12. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений. Государственное учреждение «Государственный гидрологический институт» ГУ «ГГИ». – СПб: Нестор-История, 2009. – 193 с.
13. The phytoindication method for mapping peatlands in the taiga zone of the West-Siberian Plain / V.A. Bazanov, A.E. Berezin, O.G. Savichev, A.A. Skugarev // International Journal of Environmental Studies. – 2009. – Vol. 66. – № 4. – P. 473–484. DOI: 10.1080/00207230903303729.
14. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Ч. 1. Реки и каналы. Ч. 2. Озера и водохранилища. Т. 1. РСФСР. Вып. 20. Бассейны Оби (без бассейнов Иртыша, Надыма, Пура, Таза). – Л.: Гидрометеоздат, 1984. – 485 с.
15. Характерные уровни воды рек, каналов, озер и водохранилищ (погодичные данные). Ч. 1. Реки и каналы. Ч. 2. Озера и водохранилища. Т. 1. РСФСР. Вып. 20. Бассейны Оби (без бассейнов Иртыша, Надыма, Пура, Таза). – Л.: Гидрометеоздат, 1988. – 256 с.
16. Eckstein Y., Savichev O.G., Pasechnik E.Yu. Two decades of trends in ground water chemical composition in The Great Vasyugan Mire, Western Siberia, Russia // Environmental Earth Sciences. – 2015. – № 1. – P. 3–15. DOI: 10.1007/s12665-014-3908-z.
17. New deep learning method for efficient extraction of small water from remote sensing images / Y. Luo, A. Feng, H. Li, D. Li, X. Wu, J. Liao, Ch. Zhang, X. Zheng, H. Pu // PLoS ONE 17(8). – 2022. – e0272317. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0272317>.
18. 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.
19. Estimating surface water area changes using time-series Landsat data in the Qingjiang river basin / Z. Du, B. Linghu, F. Ling, W. Li, W. Tian, H. Wang, Y. Gui, B. Sun, X. Zhang // China, J. Appl. Remote Sens. – 2012. DOI: 10.1117/1.JRS.6.063609
20. Water body classification from high-resolution optical remote sensing imagery: achievements and perspectives / Y. Li, B. Dang, Y. Zhang, Z. Du // ISPRS J. Photogramm. Remote Sens. – 2022. – Vol. 187. – P. 306–327. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2022.03.013
21. Komeil R., Ahmad A.S., Sharifeh H. Water feature extraction and change detection using multitemporal landsat imagery // Remote Sens. – 2014. – Vol. 6. – P. 4173–4189. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs6054173>
22. Bijeesh T.V., Narasimhamurthy K.N. Surface water detection and delineation using remote sensing images: a review of methods and algorithms // Sustain. Water Resour. Manag. – 2020. – Vol. 6. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40899-020-00425-4>
23. ГОСТ 19179-73. Гидрология суши. Термины и определения. – М.: Госстандарт СССР, 1988. – 47 с.
24. Савичев О.Г., Ян Х., Чжоу Д. Гидрогеодинамические и гидрогеохимические условия самоочищения вод Обского болота (Западная Сибирь) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – Т. 333. – № 4. – С. 115–125. DOI: 10.18799/24131830/2022/4/3656

Информация об авторах

Лилия Наримановна Чилингер, кандидат технических наук, доцент отделения геологии Инженерной школы природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета, Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30. Inc1@tpu.ru; <http://orcid.org/0000-0002-0092-4196>

Наталья Владимировна Гатина, кандидат технических наук, старший преподаватель отделения геологии Инженерной школы природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехни-

ческого университета, Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30. nvg10@tpu.ru; <http://orcid.org/0009-0000-9105-4474>

Елена Юрьевна Пасечник, кандидат геолого-минералогических наук, доцент отделения геологии Инженерной школы природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета, Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30. paseyu@tpu.ru; <http://orcid.org/0000-0003-2207-9891>

Поступила в редакцию: 12.10.2023

Поступила после рецензирования: 02.11.2023

Принята к публикации: 10.01.2024

REFERENCES

1. *Water Code of the Russian Federation. Federal law dated 03.06.2006. no. 74-FZ.* (In Russ.) Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/ (accessed 5 October 2023).
2. *About flood zones, flooding. Decree of the Government of the Russian Federation dated 18.04.2014 No. 360.* (In Russ.) Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_162041/ (accessed 1 August 2023).
3. *On approval of the Rules for determining the location of the coastline (borders of a water body), cases and frequency of its determination and on amendments to the Rules for establishing the boundaries of water protection zones and the boundaries of coastal protective strips of water bodies on the ground. Decree of the Government of the Russian Federation dated April 29, 2016 No. 377. As amended as of 17.08.2022.* (In Russ.) Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_197594/ (accessed 5 August 2023).
4. Loucks D.P., Van Beek E. *Water resources systems planning and management. An introduction to methods, models and applications.* Turin, UNESCO Publishing, printed by Ages Arti Grafiche, 2005. 679 p.
5. *Manual on stream gauging.* Geneva, Switzerland, World Meteorological Organization, 2010. Vol. 1, no. 1044, 252 p.
6. *Manual on stream gauging. Computation of Discharge.* Geneva, Switzerland, World Meteorological Organization, 2010. Vol. 2, no. 1044, 198 p.
7. Chilinger L.N. *Development of a methodology for establishing the boundaries of zones with a special water regime.* Cand. Diss. Abstract. Novosibirsk, 2020. 24 p. (In Russ.)
8. Savichev O.G. *Hydroecological justification of water management decisions.* Tomsk, Tomsk Polytechnic University Publ. house, 2021. 67 p. (In Russ.)
9. Dutova E., Vologdina I., Pokrovsky D., Nalivaiko N., Kuzevanov K., Pokrovsky V. Hydrogenous mineral neoformations in Tomsk water intake facility from underground sources. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* Vol. 33: Contemporary Issues of Hydrogeology, Engineering Geology and Hydro-geoecology in Eurasia, 2016. 012017. 6 p.
10. Pasechnik E.Yu., Chilinger L.N. Development of the methods of environmental and sanitary-hygienic assessment of urbanized lands (on the example of the Ob-Tom interfluvium). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019, vol. 350. DOI: 10.1088/1755-1315/350/1/012041.
11. *SP 33-101-2003. Code of rules for design and construction. Determination of the main calculated hydrological characteristics.* Moscow, Gosstroy of Russia Publ., 2004. 72 p. (In Russ.)
12. *Methodological recommendations for determining the estimated hydrological characteristics in the absence of hydrometric observations.* St. Petersburg, Nestor-Istoriya Publ., 2009. 193 p. (In Russ.)
13. Bazanov V.A., Berezin A.E., Savichev O.G., Skugarev A.A. The phytointication method for mapping peatlands in the taiga zone of the West-Siberian Plain. *International Journal of Environmental Studies*, 2009, vol. 66, no. 4, pp. 473–484. DOI: 10.1080/00207230903303729.
14. *Long-term data on the regime and resources of land surface waters. P. 1. Rivers and canals. P. 2. Lakes and reservoirs. Vol. 1. RSFSR. Vol. 20. Pools of the Ob (excluding the basins of the Irtysh, Nadya, Pura, Taz).* Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1984. 485 p. (In Russ.)
15. Characteristic water levels of rivers, canals, lakes and reservoirs (yearly data). P. 1. Rivers and canals. P. 2. Lakes and reservoirs. Vol. 1. RSFSR. Vol. 20. Pools of the Ob (excluding the basins of the Irtysh, Nadya, Pura, Taz)]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1988. 256 p. (In Russ.)
16. Eckstein Y., Savichev O. G., Pasechnik E. Yu. Two decades of trends in ground water chemical composition in The Great Vasyugan Mire, Western Siberia, Russia. *Environmental Earth Sciences*, 2015, no 1, pp. 3–15. DOI: 10.1007/s12665-014-3908-z. (In Russ.)
17. Luo Y., Feng A., Li H., Li D., Wu X., Liao J., Zhang Ch., Zheng X., Pu H. New deep learning method for efficient extraction of small water from remote sensing images. *PLoS ONE* 17(8), 2022, e0272317. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0272317>.
18. Savichev O.G., Skugarev A.A. Assessing the risk of flooding in the riverine areas of the Ob and Tom rivers within the Tomsk region. *Geoinformatics*, 2008, no. 2, pp. 61–66. (In Russ.)
19. Du Z., Linghu B., Ling F., Li W., Tian W., Wang H., Gui Y., Sun B, Zhang, X. Estimating surface water area changes using time-series Landsat data in the Qingjiang river basin, China. *J. Appl. Remote Sens*, 2012. DOI:10.1117/1.JRS.6.063609
20. Li Y., Dang B., Zhang Y., Du Z. Water body classification from high-resolution optical remote sensing imagery: Achievements and perspectives. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens*, 2022, vol. 187, pp. 306–327. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2022.03.013
21. Komeil R., Ahmad A.S., Sharifeh H. Water feature extraction and change detection using multitemporal landsat imagery. *Remote Sens*, 2014, vol. 6, pp. 4173–4189. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs6054173>
22. Bijesh T.V., Narasimhamurthy K.N. Surface water detection and delineation using remote sensing images: a review of methods and algorithms. *Sustain. Water Resour. Manag*, 2020. vol. 6. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40899-020-00425-4>

23. Savichev O.G., Yang H., Zhou D. Hydrogeodynamic and hydrogeochemical conditions of self-clearance of the Obskoe fen water (Western Siberia). *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 2022, vol. 333, no. 4, pp. 115–125. (In Russ.) DOI: 10.18799/24131830/2022/4/3656.
24. SS 19179-73. *Land hydrology. Terms and definitions*. Moscow, Gosstandart of the USSR Publ., 1988. 47 p. (In Russ.)

Information about the authors

Liliya N. Chilinger, Cand. Sc., Associate Professor, National Research Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin avenue, Tomsk, 634050, Russian Federation. <http://orcid.org/0000-0002-0092-4196>. lnc1@tpu.ru

Nataliya V. Gatina, Cand. Sc., Senior Lecturer, National Research Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin avenue, Tomsk, 634050, Russian Federation. <http://orcid.org/0009-0000-9105-4474>. nvg10@tpu.ru

Elena Yu. Pasechnik, Cand. Sc., Associate Professor, National Research Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin avenue, Tomsk, 634050, Russian Federation. <http://orcid.org/0000-0003-2207-9891>. paseyu@tpu.ru

Received: 12.10.2023

Revised: 02.11.2023

Accepted: 10.01.2024