

Е.Г. ЕГИДАРЕВ, Л.В. ГОРБАТЕНКО, Д.Г. ТЮНЯТКИН

## Оценка зоны затопления поймы реки Амур в 2013 г. на основе данных космического мониторинга

*Пойменные территории, играющие значительную роль в хозяйственной деятельности человека, часто подвергаются затоплению во время наводнений, в том числе катастрофических. С использованием данных дистанционного зондирования Земли и с учетом сроков прохождения паводочной волны выделена максимальная зона затопления поймы р. Амур на российской части бассейна от Зейского водохранилища до устья во время наводнения 2013 г., рассчитана ее площадь. Расчет проведен по участкам бассейна, определенным для удобства отбора космических снимков с временной привязкой к датам максимальных уровней воды, измеренных в пунктах наблюдений сети Росгидромета. При проведении расчетов учитывался имеющийся охранный статус пойменных земель. Полученные данные показывают совокупное фактическое воздействие паводка 2013 г. на пойму р. Амур и ее экосистемы и могут быть использованы для оценки наиболее паводкоопасных участков, экологических угроз пойменным территориям с точки зрения рассредоточенного загрязнения вод, охраны пойменных экосистем.*

*Ключевые слова:* зона затопления, наводнение, космический мониторинг, максимальные уровни воды, пойма.

**Assessment of the flooded zone of the Amur River floodplain in 2013 based on space monitoring data.** E.G. EGIDAREV<sup>1,2</sup>, L.V. GORBATENKO<sup>1</sup>, D.G. TYUNYATKIN<sup>1</sup> (<sup>1</sup>Pacific Geographical Institute, FEB RAS, Vladivostok, <sup>2</sup>World Wildlife Fund (WWF), Amur Branch, Vladivostok).

*Playing an important role in human economic activities, floodplains are often impacted by floods, sometimes catastrophic ones. Using remote sensing data and considering the period of a flood wave passage, the maximum flooding zone of the Amur River floodplain in the Russian part of the basin was delineated from the Zeya water reservoir to the estuary during the flood in 2013, and its area was calculated. The calculation was carried out for the parts of the basin, determined for the convenience of selecting satellite images with a time reference to the dates of the maximum water levels measured at observation stations of the Russian meteorological service. During the calculations, the existing protection status of floodplain areas was taken into account. The obtained estimates show the cumulative actual impact of the 2013 flood on the Amur River floodplain and its ecosystems. These data can be used to assess the most flood-risk territories, to estimate environmental threats to floodplain sites in terms of distributed water pollution, as well as for protection of floodplain ecosystems.*

*Key words:* flooded zone, floods, remote sensing data, maximum water levels, floodplain.

### Введение

Пойменные земли бассейна р. Амур шириной до 25–30 км на отдельных участках долины, привлекательные для ведения хозяйственной деятельности и проживания населения, часто подвержены наводнениям. Так, в г. Хабаровск за период наблюдений длительностью более 120 лет наводнения различной интенсивности отмечались в 91 % лет,

\*ЕГИДАРЕВ Евгений Геннадьевич – кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник (Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Всемирный фонд дикой природы (WWF-Россия), Амурский филиал, Владивосток), ГОРБАТЕНКО Лариса Вячеславовна – кандидат географических наук, научный сотрудник, ТЮНЯТКИН Дмитрий Геннадьевич – кандидат географических наук, научный сотрудник (Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток). \*E-mail: egidarev@yandex.ru

из них выдающиеся и катастрофические – в 17 % лет (20 раз) [2]. К катастрофическим относится и наводнение 2013 г., ущерб от которого, составивший более 500 млрд руб., в целом по бассейну превысил годовой бюджет всех административных субъектов ДФО [2]. Причины и характеристики этого гидрологического события неоднократно анализировались [1, 5, 12, ], его повторяемость у г. Хабаровск, где Росгидрометом зафиксирован расход воды в объеме 46 000 м<sup>3</sup>/с, оценивается в 0,4–0,5 % (1 раз в 200 лет) [10]. С целью управления рисками подобных чрезвычайных ситуаций природного характера и их последствиями после этого наводнения было принято Постановление Правительства РФ<sup>1</sup>, согласно которому для населенных пунктов, подверженных затоплению, расчетным способом устанавливаются границы зон затопления паводком повторяемостью 1 раз в 100 лет с внесением их характерных координат в Единый государственный реестр недвижимости. Работа по установлению границ зон затопления, регламентированная этим Постановлением, является очень трудоемкой и в целом еще не завершена. Так, на территории ЕАО для 16 населенных пунктов в Ленинском, Октябрьском и Смидовичском районах, часть из которых находится в пойме главного русла р. Амур (села Амурзет, Благословенное, Доброе, Екатерино-Никольское, Нагибово, Пузино, Новое, Квашино, Ленинское, Кукелево, Дежнево, Нижнеленинское, поселки Николаевка, Приамурский), границы зон затопления согласованы с территориальным органом Росгидромета лишь в конце 2020 г.<sup>2</sup>

Даже после завершения этих работ характеристика возможного затопления земель всего бассейна во время паводков редкой повторяемости не будет общей и целостной, так как коснется только территорий, прилегающих к населенным пунктам. Между тем мелко-масштабная оценка затопления поймы р. Амур во время катастрофического наводнения 2013 г. могла бы проиллюстрировать возможности поймы относительно поглощения части паводочного стока и, следовательно, определенного снижения уровней воды ниже по течению рек бассейна; определить в дальнейшем с учетом глубин затопления наиболее паводкоопасные участки поймы; провести функциональное зонирование пойменных территорий для планирования освоения еще не используемых земель и проведения противопаводковых защитных мероприятий различного уровня; и др.

Ранее была выделена пойма р. Амур и проведено ее картографирование на наиболее подверженном крупным наводнениям участке от Зейской ГЭС на р. Зeya, притоке р. Амур, до его устья [6]. Цель настоящего исследования – определение зон затопления пойм р. Амур во время наводнения 2013 г. с использованием данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и учетом их имеющегося охранного статуса. Наводнение на р. Амур в 2013 г. считается одним из сильнейших за весь период наблюдений, в связи с этим выделение границ затопленных территорий для будущих прогнозов приобретает особо важное значение.

## Материалы и методы

Картографирование поймы в крупном масштабе на основе геодезических работ и картографических материалов является трудоемким процессом, особенно для такого обширного объекта, как бассейн р. Амур, общая площадь которого составляет более 2 млн км<sup>2</sup> [4]. Существует альтернативный способ выделения пойм – с привлечением средств геоинформационных систем с одновременным использованием разновременных

---

<sup>1</sup> Постановление Правительства РФ от 18 апреля 2014 г. № 360 «О зонах затопления, подтопления» (в редакции от 07.09.2019 № 1171). – <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102349198> (дата обращения: 15.09.2021).

<sup>2</sup> Согласно Постановлению Правительства РФ № 360 перед обращением органов исполнительной власти в Федеральное агентство водных ресурсов для утверждения предложений и сведений о границах зон затопления они подлежат согласованию с территориальными органами Министерства РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Федеральной службой по надзору в сфере природопользования, Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

космических снимков и топографических карт соответствующих масштабов, широко применяемый в географических исследованиях различных направлений [8, 11, 13], в том числе гидрологических [9, 14]. Данный метод картографирования был применен на исследуемом участке реки и показал себя эффективным, поскольку позволил избежать высокотратных полевых работ.

Для решения задач данного исследования были использованы материалы из открытых онлайн-ресурсов<sup>3</sup>, доступные разновременные космические снимки среднего разрешения (Modis, Landsat) на всю исследуемую территорию, создан растровый каталог, предоставляющий возможность быстрого поиска необходимых снимков для дальнейшей их обработки и дешифрирования.

Для идентификации зон затопления применен метод визуального дешифрирования, заключающийся в распознавании зрительных образов, формирующихся при наблюдении снимка, и определении их семантических характеристик [3]. Выделение территории, покрытой водой, проводилось с использованием прямых дешифровочных признаков (тон, цвет, форма контуров, текстура).

Нами проанализированы ежедневные данные по уровням воды в пунктах наблюдений на главном русле р. Амур и ниже Зейской ГЭС с целью выявления максимальных уровней на конкретную дату в 2013 г. (табл. 1).

Таблица 1

**Характеристики уровней воды в пунктах наблюдений и зоны затопления на главном русле р. Амур во время наводнения 2013 г.**

Пункт наблюдений	Отметка нуля поста, БС*	Расстояние от устья, км*	Максимальный наблюдаемый уровень воды, см*	Дата максимального уровня воды*	Превышение уровней воды отметки опасного явления (ОЯ), см	Ширина зоны затопления в створе пункта наблюдений, м
Г. Благовещенск	119,88	1941	821	16.08	21	8119
С. Константиновка	107,64	1831	924	18.08	174	1399
С. Иннокентьевка	87,52	1641	1081	20.08	151	530
С. Пашково	72,50	1533	1802	24.08	202	540
С. Екатерино-Никольское	56,62	1366	1132	24.08	132	80
С. Нагибово	50,88	1313	1202	24.08	102	168
С. Ленинское	42,94	1190	1044	29.08	194	2460
С. Нижнеспасское	34,11	1012	710	3.09	210	630
Г. Хабаровск	30,69	966	808	4.09	207	5080
С. Елабуга	25,49	875	756	5.09	206	1720
С. Троицкое	20,52	770	610	9.09	160	3830
С. Малмыж	16,89	707	792	12.09	232	4790
Г. Комсомольск-на-Амуре	12,93	614	911	12.09	261	650
С. Нижнетамбовское	8,18	514	1016	13.09	266	230
С. Циммермановка	5,11	407	821	15.09	71	4540
С. Богородское	1,36	238	648	18.09	148	2150
С. Тахта	2,10	123	629	24.09	79	12290
Г. Николаевск-на-Амуре	1,10	48	259	27.09	0	120

\*Источник – Водный реестр РФ (<https://gmvo.skniivh.ru/>).

На основе сопоставления этих данных с состоянием метеоусловий были определены участки территории бассейна р. Амур для наилучшего отслеживания процесса затопления поймы по материалам ДЗЗ с временной привязкой (табл. 2), учитывающей значения максимального стока в пунктах наблюдений сети Росгидромета при прохождении паводочной волны от верхнего створа наблюдений к нижнему на каждом речном участке.

<sup>3</sup> U.S. Geological Survey, 2021. – <https://earthexplorer.usgs.gov/> (дата обращения: 15.09.2021).

После этого произведена выборка космических снимков из всех доступных каталогов ДЗЗ.

Таблица 2

**Результаты сопоставления пика паводка и наличия безоблачных снимков на рассматриваемых участках рек**

Участок реки	Период максимального стока (максимальный расход воды), месяц. (день)	Безоблачные дни в период паводка, месяц (день)	Оптимальные даты космических снимков для наблюдения за паводком
Зейская ГЭС – г. Благовещенск	08.18–08.24 (14 300 м <sup>3</sup> /с 23.08 по ст. с. Белогорье)*	08 (14, 15, 19–21, 23–29)	08 (19–21, 23, 24), месяц (день)
Г. Благовещенск – граница ЕАО	08.16–08.24 (нет данных)	08 (14, 15, 20, 21, 24–25, 27–29)	08 (14, 15, 20, 21, 24–25, 27–28)
Устье р. Помпеевка – г. Хабаровск	08.24–09.03 (нет данных)	08 (14, 15, 16, 20, 21, 25–28) 09 (4–13, 15, 16, 18, 22, 24–30)	08 (21, 25–28) 09 (4–13)
Г. Хабаровск – г. Комсомольск-на-Амуре	09.04–09.12 (46 000 м <sup>3</sup> /с 03, 04.09 по ст. г. Хабаровск)	09 (2, 3, 6–10, 13, 15, 16, 18, 24–26, 28, 30)	09 (3, 6–10, 13, 15)
Г. Комсомольск-на-Амуре – Амурский лиман (устье)	09.12–09.27 (53 000 м <sup>3</sup> /с 18, 19.09 по ст. с. Богородское)	09 (1–3, 6–8, 10, 14, 16, 19, 22, 28, 30) 10 (1, 6, 10, 18–20)	09 (10, 14, 16, 19, 22, 28, 30)

\* Ст. – станция наблюдений за стоком реки.

**Результаты и их обсуждение**

По результатам анализа отобранных данных ДЗЗ в масштабе 1 : 100 000 выделены территории максимального затопления поймы рек Зeya и Амур и рассчитана их общая площадь (27 554 км<sup>2</sup>). По каждому из выделенных участков проведена оценка степени затопления поймы (табл. 3). Масштабы затопления на р. Зeya и на главном русле р. Амур в средней части его бассейна до створа Тайпингоу были намного менее катастрофичны,

Таблица 3

**Оценка площади затопления пойменных территорий во время наводнения на р. Амур в 2013 г.**

Участок бассейна реки	Площадь поймы, км <sup>2</sup>	Площадь максимального затопления, выделенная по космическим снимкам, км <sup>2</sup>	Доля затопленной поймы, %	Общая средняя ширина зоны затопления*, м
Зейская ГЭС – устье р. Селемджа	1 071	515	48	1 519
Устье р. Селемджа – г. Благовещенск	2 857	1 777	62	9 125
Г. Благовещенск – устье р. Буряя	2 993	1 705	57	7 354
Устье р. Буряя – створ Тайпингоу (в районе китайского поселка Гучжань)	1 888	1 041	55	8 756
Створ Тайпингоу – устье р. Сунгари	2 000	1 329	66	5 642
Устье р. Сунгари – г. Хабаровск	3 849	3 759	98	13 784
Г. Хабаровск – г. Комсомольск-на-Амуре	5 947	9 205	155	26 832
Г. Комсомольск на Амуре – устье р. Амгунь	4 494	5 989	133	13 794
Устье р. Амгунь – Амурский лиман	1 606	2 237	139	15 216
Всего	26 705	27 554	103	11 335

\*С учетом лево- и правосторонней (трансграничной) частей речной долины.

чем на участке от г. Хабаровск до устья реки, где затоплению подверглись надпойменные террасы. Хорошо просматривается «вклад» в наводнение р. Сунгари, ниже впадения которой практически вся пойма р. Амур была затоплена. В верхней и средней частях бассейна р. Амур и на р. Сунгари уровни и расходы воды не превышали как исторических максимумов, так и уровней и расходов предшествующего катастрофического наводнения (1984 г.) [2]. Следует отметить, что китайская р. Сунгари в силу значительной антропогенной преобразованности территории ее бассейна практически не имеет естественных пойменных территорий, а ее русло максимально укреплено дамбами различной протяженности.

Оценки степени затопления пойменных территорий во время наводнения 2013 г. показывают значимую роль поймы в аккумуляровании паводочных вод, которое в наибольшем объеме наблюдалось в нижней части бассейна р. Амур от г. Хабаровск до устья. Здесь же расположены обширные пойменные расширения, накапливающие огромную массу воды [7]. Общая ширина зоны затопления, включая трансграничную (китайскую) часть на протяжении главного русла, в зависимости от участка изменялась от 1,5 км в среднем течении р. Зея до 26,8 км на нижнем Амуре от г. Хабаровск до г. Комсомольск-на-Амуре. В створах наблюдений за стоком реки ширина ее разлива была меньше (от 80–120 м до 12,3 км) из-за особенностей строения поймы в районе расположения гидрологических постов (станций), при этом на всех без исключения пунктах наблюдения за уровнями воды в той или иной степени была превышена отметка опасного явления (табл. 1), т.е. были затоплены или подтоплены отдельные жилые и хозяйственные строения, сельскохозяйственные угодья, дороги и др.

Пойма как важная часть речной системы играет большую роль в обмене водными массами и веществом между руслом и прилегающими территориями [18], поэтому ее затопление во время наводнений может через рассредоточенный смыв загрязняющих веществ приводить к ухудшению качества воды водотоков. Антропогенное воздействие на территории пойм частично регулируется водным законодательством в водоохраных зонах, в частности, согласно ст. 65 Водного кодекса РФ<sup>4</sup> в их пределах запрещены сброс сточных вод и их использование; размещение кладбищ, скотомогильников, свалок, химических, токсичных, ядовитых и иных вредных веществ и их использование, а также другие виды деятельности, которые могут быть источниками загрязняющего воздействия на водные ресурсы.

Оценка ширины зон затопления поймы и прилегающих территорий р. Амур показывает, что она превышала установленную Водным кодексом РФ ширину водоохранной зоны для главного русла р. Амур в 500 м (табл. 1). Во время наводнения 2013 г. на протяжении значительной части главного русла р. Амур из-за разлива реки на отдельных участках на ширину до нескольких десятков километров водоохранная зона была полностью затоплена, в частности на территории ЕАО (рис. 1).

Поскольку за пределами водоохраных зон использование земель не регламентируется, факт их затопления представляет угрозу с точки зрения загрязнения реки, поэтому должны подлежать инвентаризации и ликвидации или переносу все возможные источники этого загрязнения в пределах фактических зон затопления, в частности сельскохозяйственные угодья, на которых применяются пестициды и ядохимикаты. Представляется возможным увеличение ширины водоохранной зоны для р. Амур на отдельных участках широкой поймы в целях минимизации возможного загрязнения вод.

Помимо водоохраных зон существуют другие способы ограничения хозяйственной деятельности на пойменных территориях, используемые для охраны пойменных экосистем, но положительным образом влияющие и на качество природных вод, формируемое во время паводков, – это создание особо охраняемых природных территорий (ООПТ) (рис. 2).

Доля ООПТ на территории поймы всей российской части бассейна р. Амур в настоящее время составляет немногим более 11 % от их общей площади, на трансграничных участках

<sup>4</sup> Водный кодекс РФ. 2006. – <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102107048> (дата обращения: 20.09.2021).

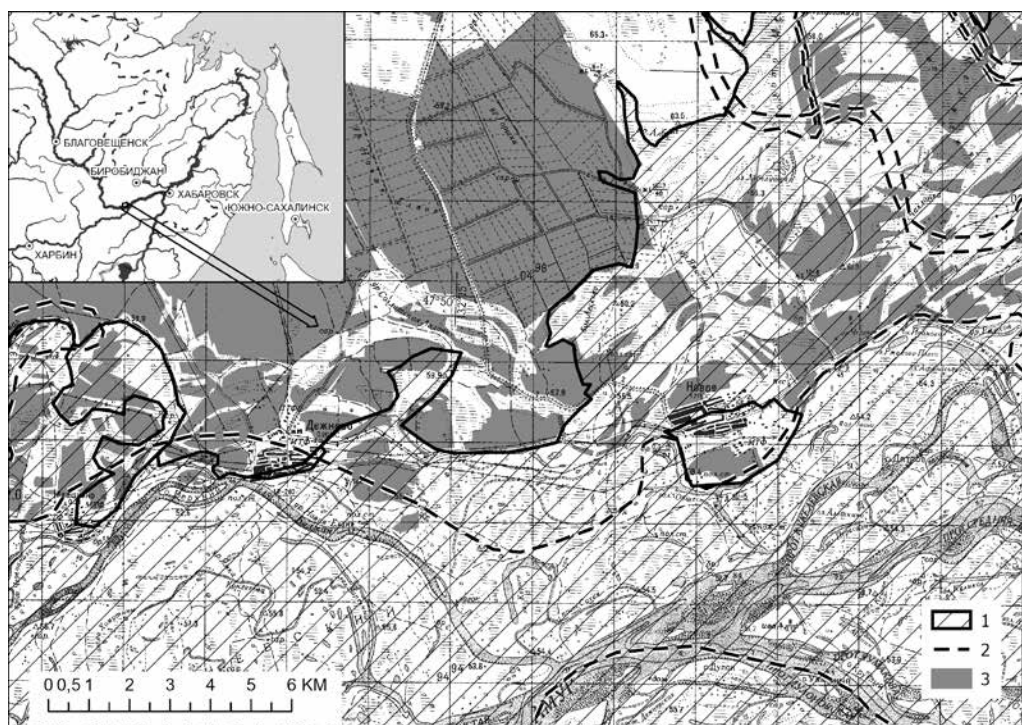


Рис. 1. Водоохранные зоны во время паводка на р. Амур в 2013 г. (фрагмент территории Еврейской автономной области): 1 – зона затопления поймы в 2013 г., 2 – водоохранная зона, 3 – сельскохозяйственные угодья

бассейна превышает 15 % (табл. 4). Несмотря на то что значительная часть поймы охраняемая и в водоохранных зонах вдоль речных водотоков действуют регулирующие режимы, катастрофические паводки продолжают негативно влиять на качество водной среды в амурском бассейне. В частности, у г. Хабаровск в р. Амур во время наводнений наблюдается повышенная минерализация воды [16, 17], причиной чего может быть как влияние крупных верхних притоков реки [15], так и смыв вещества с близлежащих территорий, в том числе поймы.

Вместе с тем влияние паводков на ООПТ может быть положительным, так как многие из них, расположенные на пойменных территориях, созданы для охраны водных и околоводных экосистем, в том числе водно-болотных угодий, для которых периодические наво-

Таблица 4

**Охраняемые природные территории в пойме р. Амур**

Субъект РФ	Площадь поймы, всего*, км <sup>2</sup>	В том числе на трансграничных участках рек, км <sup>2</sup>	Всего ООПТ на территории поймы, км <sup>2</sup>	В том числе на трансграничных участках рек, км <sup>2</sup>
Амурская область	12 489	4666	1811	1087
Хабаровский край	22 852	786	2608	17,5
Приморский край	2451	372	230	214
Еврейская АО	3647	3026	195	195
Забайкальский край	3682	886	172	10,5
Всего	45 121	9736	5016	1524

\*Все пойменные территории крупных рек с водосбором более 10 000 км<sup>2</sup>.

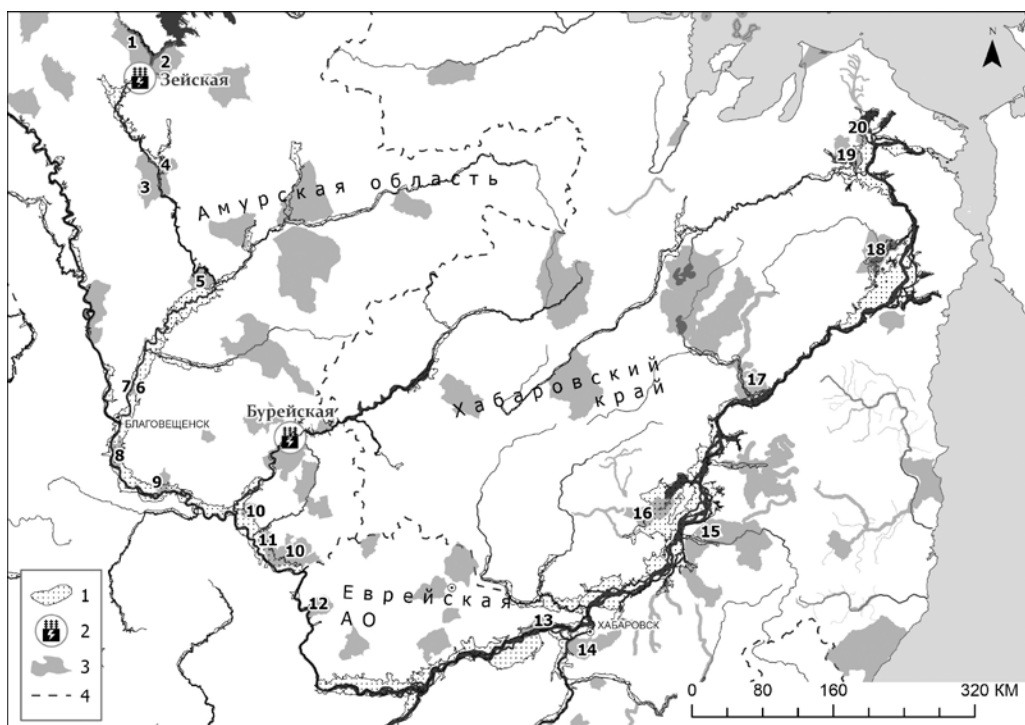


Рис. 2. Особо охраняемые природные территории в зоне затопления во время наводнения 2013 г.: 1 – зоны затопления во время наводнения в 2013 г.; 2 – гидроэлектростанции; 3 – особо охраняемые природные территории; 4 – границы субъектов РФ. Примечание. Цифрами на карте обозначены ООПТ на пойменных территориях вдоль рек Зей и Амур: 1 – Заповедник «Зейский»; 2 – заказник «Бекельдеуль»; 3 – охранный заказник «Усть-Тыгдинский»; 4 – заказник «Усть-Тыгдинский»; 5 – заказник «Иверский»; 6 – заказник «Березовский»; 7 – заказник «Благовещенский»; 8 – заказник «Муравьевский»; 9 – заказник «Амурский»; 10 – заповедник «Хинганский»; 11 – заказник «Ганукан»; 12 – заказник «Дичун»; 13 – заповедник «Бастак “Забеловский”»; 14 – заповедник «Большехехирский»; 15 – национальный парк «Аниойский»; 16 – заповедник «Болоньский»; 17 – заповедник «Комсомольский»; 18 – федеральный заказник «Удыль»; 19 – заказник «Дальжинский»; 20 – заказник «Приозерный»

днения на реках – фактор поддержания условий существования многих видов животных и растений.

### Заключение

На основе полученных из доступных источников данных ДЗЗ на территорию российской части бассейна р. Амур от Зейской ГЭС до устья реки с учетом открытого (безоблачного) неба проанализировано прохождение паводка в 2013 г. На основе ежедневных данных выполнена серия разновременных картосхем, отображающих пик наводнения, рассчитана площадь максимального затопления поймы и прилегающих к ней участков долины реки. Сопоставление границ ранее выделенной поймы и затопленных в 2013 г. территорий показывает, что во время катастрофического паводка на части бассейна, расположенной ниже г. Хабаровск по течению, была полностью затоплена не только вся пойма, но и часть прилегающих к ней надпойменных террас.

Ширина водоохранной зоны для р. Амур на отдельных участках широкой поймы в целях минимизации возможного загрязнения вод может быть законодательно увеличена. Выявление подобных участков требует отдельных исследований с определением тех из

них, на которых расположены опасные загрязняющие объекты. Целесообразность таких мер должна учитывать возможности ликвидации или переноса опасных объектов.

Создана ГИС, включающая большое количество спутниковых снимков, предоставляющих возможность отслеживания всех этапов наводнения 2013 г., а также топографических и тематических карт, которые могут быть использованы при моделировании и анализе различных природных явлений на территории бассейна р. Амур.

Полученные результаты могут быть использованы для проведения дальнейших оценок экологических угроз пойменным территориям р. Амур, в том числе с точки зрения рассредоточенного загрязнения вод. Они имеют большое значение для обеспечения безопасности освоения территории и прогнозирования вероятности и последствий чрезвычайных ситуаций природного происхождения. Актуальность подобных исследований подтвердилась в 2021 г., когда очередное наводнение в среднем течении рек Амур и Зея создало экологические и социальные проблемы при использовании пойменных территорий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Болгов М.В., Трубецкова М.Д., Филлипова И.А., Харламов М.А. Особенности выпадения экстремальных осадков в бассейне реки Амур летом 2013 г. // География и природ. ресурсы. 2017. № 2. С. 37–45.
2. Бортин Н.Н. Проблемы комплексного использования и управления водными ресурсами на территории Амурского бассейна // Вод. х-во России. 2017. № 6. С. 16–33.
3. Варфоломеев А.Ф., Воробьев А.В. Визуальное и автоматизированное дешифрирование снимков среднего и высокого пространственного разрешения // Картография и геодезия в современном мире: материалы Второй всерос. науч.-практ. конф., Саранск, 08 апреля 2014 г. Саранск: Нац. исслед. Мордовский гос. ун-т им. Н.П. Огарёва, 2014. С. 145–147.
4. Ганзей С.С., Ермошин В.В., Мишина Н.В., Ширайва Т. Современное использование земель в бассейне Амура // География и природные ресурсы. 2007. № 2. С. 17–25.
5. Данилов-Данильян В.И., Гельфан А.Н., Мотовилов Ю.Г., Калугин А.С. Катастрофическое наводнение 2013 года в бассейне реки Амур: условия формирования, оценка повторяемости, результаты моделирования // Вод. ресурсы. 2014. Т. 41, № 2. С. 111–122.
6. Егидарев Е.Г. Картографирование и оценка пойменных комплексов в долине реки Амур // Вестн. ДВО РАН. 2012. № 2. С. 9–167.
7. Ким В.И., Махинов А.Н., Дугаева Я.Ю., Юнг К. Регулирующая роль поймы Амура в трансформации паводочной волны // Природные опасности, современные экологические риски и устойчивость экосистем: материалы Всерос. конф. Хабаровск: Омега-Пресс, 2018. С. 205–208.
8. Крутских Н.В., Кравченко И.Ю. Использование космоснимков Landsat для геоэкологического мониторинга урбанизированных территорий // Соврем. проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15, № 2. С. 159–168.
9. Манилюк Т.А., Маслова А.В. Исследование водных поверхностей озер путем использования водных индексов по данным дистанционного зондирования // Вестн. Забайкальского гос. ун-та. 2017. Т. 23, № 3. С. 4–11.
10. Махинов А.Н., Ким В.И., Воронов Б.А. Наводнение в бассейне Амура 2013 года: причины и последствия // Вестн. ДВО РАН. 2014. № 2. С. 5–14.
11. Музыченко Т.К., Маслова М.Н. Трансграничный анализ структуры земель бассейна реки Раздольная // Тихоокеан. география. 2021. № 1. С. 70–77.
12. Семенов Е.К., Соколихина Н.Н., Татариничев Е.В., Тудрий К.О. Синоптические условия формирования катастрофического наводнения на Амуре в 2013 г. // Метеорол. и гидрология. 2014. № 8. С. 25–34.
13. Сухинин А.И., Воробьева М.В., Охоткина Е.А. Космический мониторинг снегового покрова Сибири по данным радиометра MODIS // Вестн. Сибир. гос. аэрокосм. ун-та. 2011. № 4. С. 90–96.
14. Терехов А.Г., Пак И.Т., Долгих С.А. Данные LANDSAT 5,7,8 и ЦМР в задаче мониторинга гидрологического режима Капшагайского водохранилища на реке Текес (китайская часть бассейна реки Иле) // Соврем. проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12, № 6. С. 174–182.
15. Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Влияние крупных наводнений в районе Хабаровска в 2018–2019 гг. на гидрохимическую структуру вод Амура // Метеорол. и гидрология. 2020. № 11. С. 92–99.
16. Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Гидрохимия реки Амур в период прохождения очень сильных верхнеамурских наводнений // Водные ресурсы и водопользование: материалы III Всерос. с междунар. участием науч.-практ. конф. Чита: ЗабГУ, 2020. С. 40–45.
17. Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Сезонное распределение ионного стока реки Амур у Хабаровска в многоводном 2013 году // Водные ресурсы и водопользование: материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Чита: ЗабГУ, 2021. С. 22–27.
18. Kiedrzyń'ska E., Kiedrzyń'ski M., Zalewski M. Sustainable floodplain management for flood prevention and water quality improvement // Nat Hazard. 2015. Vol. 76. P. 955–977.