

## Выделение водной поверхности

При автоматическом выделении водной поверхности на спутниковых снимках высокого пространственного разрешения, например для задачи оперативного мониторинга паводковой ситуации, может возникнуть ряд трудностей [1].

Широко распространенные подходы, такие как использование водных индексов или деревья решений, могут приводить к ошибкам, относя к воде близкие по спектральным характеристикам классы: сильно увлажненные почвы, тени и антропогенные объекты. Применение алгоритмов классификации требует трудоёмкого задания качественной обучающей выборки.

Кроме того, для съемки сверхвысокого разрешения некоторые классы (например, тени от строений) оказываются вовсе неотличимы по спектральным характеристикам от воды. В таких ситуациях требуется привлечение дополнительной информации.

В условиях малого объема обучающей выборки (ОВ) представляет интерес использование **методов активного обучения** [2]: когда в процессе работы алгоритм классификации интерактивно просит пользователя указать классы для отдельных элементов. Это позволяет повысить качество ОВ и результаты классификации с небольшими затратами со стороны пользователя.

*Пример построения дерева решений  
Более темный цвет означает меньшую уверенность*

## Метод выделения водных объектов с использованием активного обучения

- 1) Выделение поверхности воды с помощью алгоритма ECCA-Water [3] с модификацией для частичного обучения [4]. При этом учитываются только спектральные характеристики.
- 2) Выделенные «водные» пиксели группируются по объектам (пространственно связным), для каждого из которых рассчитывается фиксированный набор спектральных и пространственных признаков (в том числе размер, извилистость, компактность).
- 3) Классификация полученных объектов на «водные» и «неводные» по имеющейся ОВ с помощью специального алгоритма автоматического построения дерева решений. При этом выбирается объект, в классификации которого алгоритм наименее уверен.
- 4) Пользователю предоставляется текущий результат классификации и запрос на задание класса для выбранного объекта. Пользователь может одобрить результат или же внести поправки в классы объектов. В последнем случае алгоритм вернется к шагу 3.

Предложенный алгоритм показал свою применимость к мультиспектральным спутниковым снимкам сверхвысокого разрешения и данным, полученным с отечественных спутников.

**Интерактивное взаимодействие с пользователем, учёт пространственных характеристик и высокая скорость работы** позволяет эффективно выделять водные объекты в сложных условиях с минимальными временными затратами со стороны пользователя.



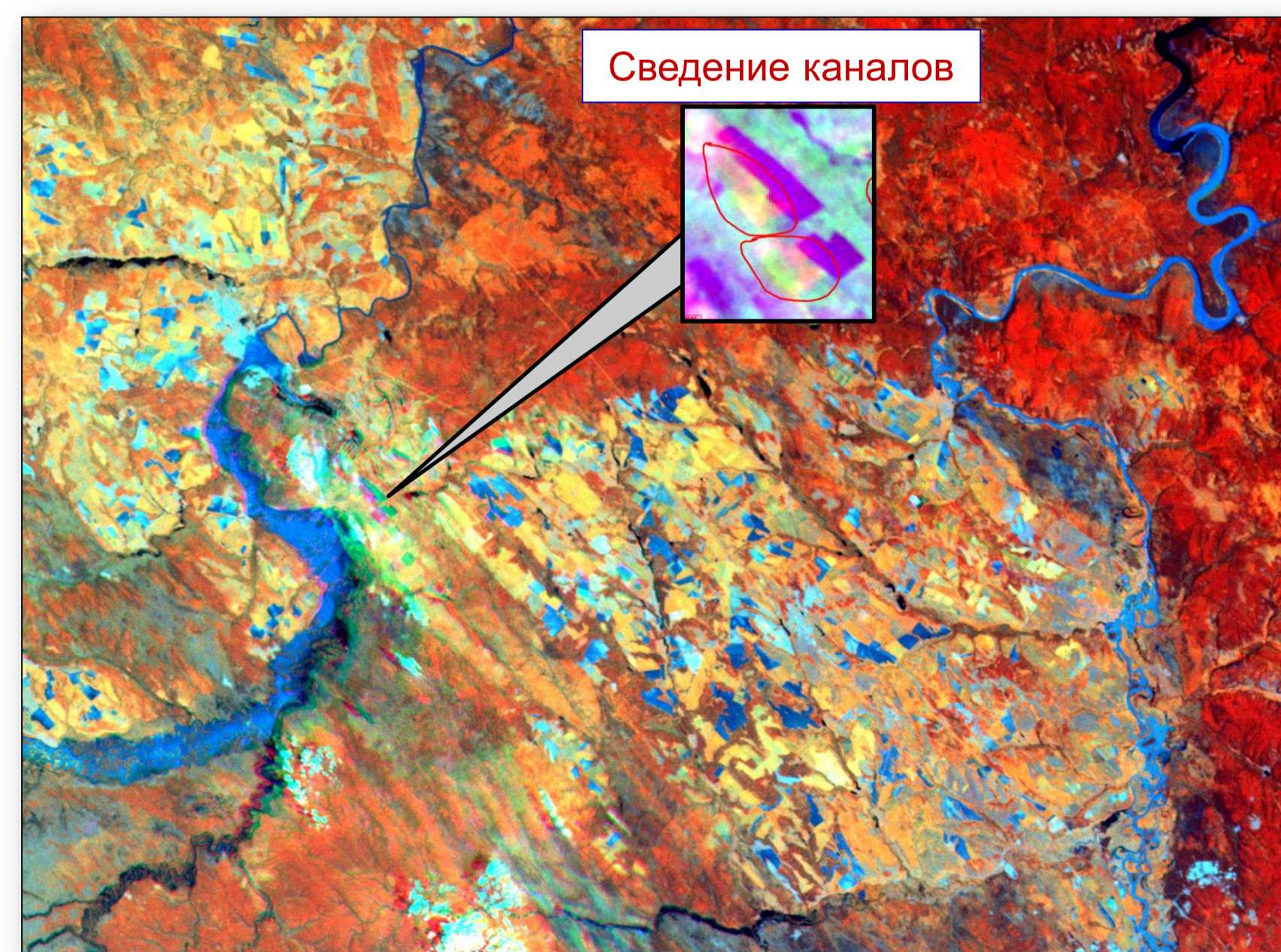
Спутниковый снимок WorldView-3 (1,25 м)  
Тени не отделяются от водной поверхности по спектральным характеристикам



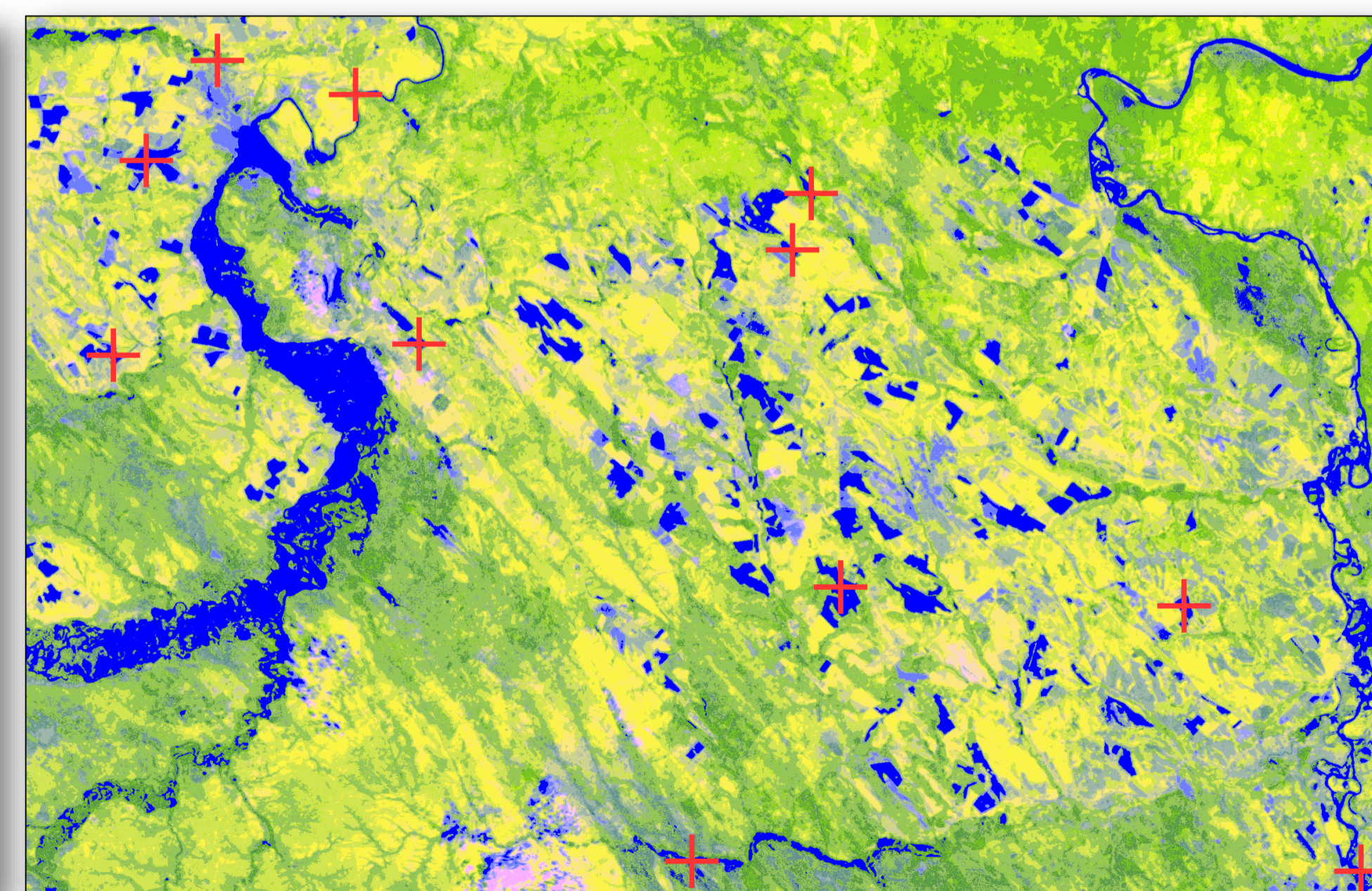
Результат выделения водной поверхности  
Тени отделены благодаря учету пространственных характеристик

## Литература

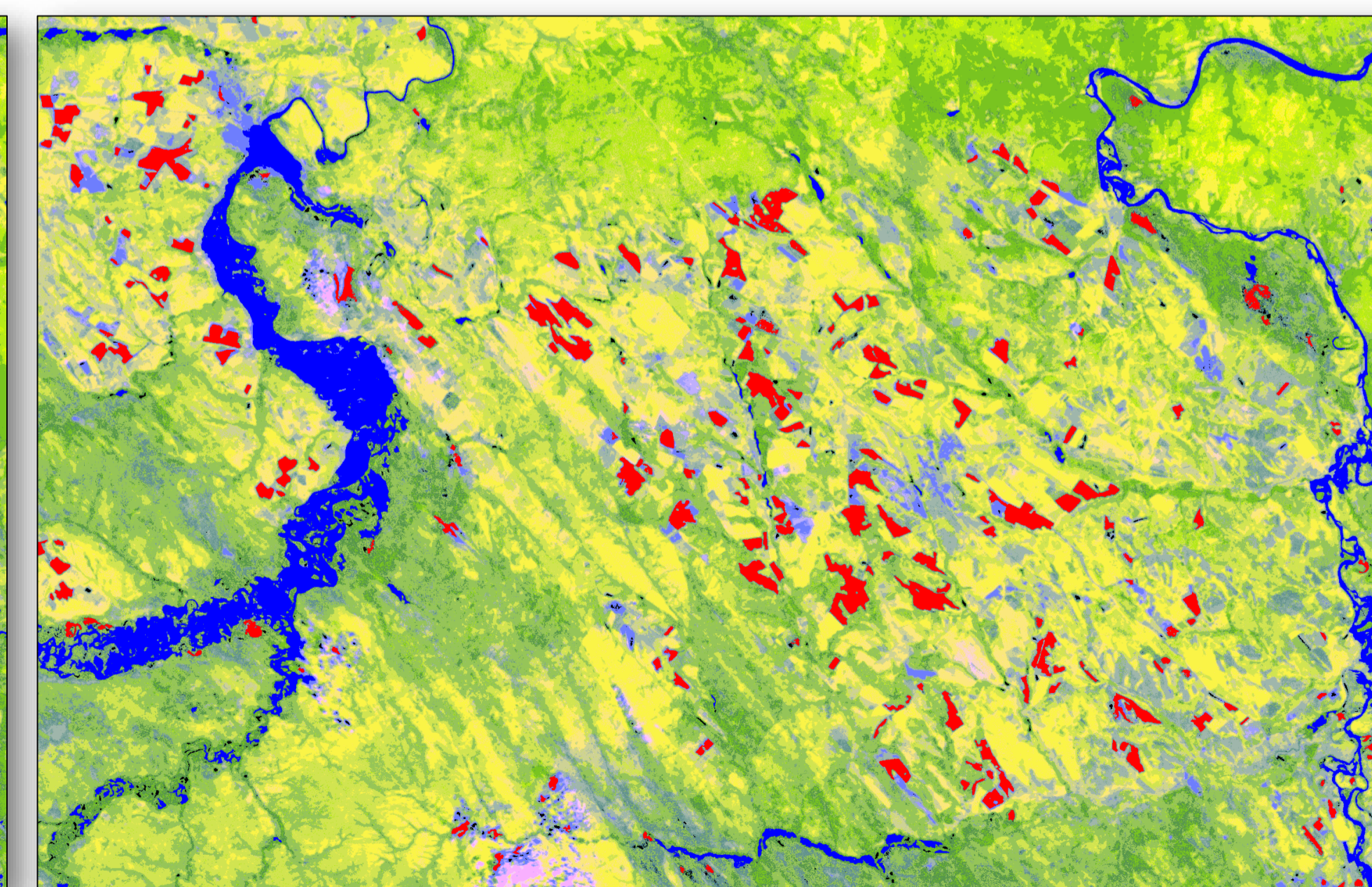
1. Антонов В.Н., Новгородцева О.Г. Мониторинг и картографирование паводковой ситуации в Сибирском федеральном округе // *Образовательные ресурсы и технологии*. 2014. № 8. С. 81-86.
2. Tuia D. et al. A survey of active learning algorithms for supervised remote sensing image classification // *IEEE JSTSP*. 2011. Vol. 5. No. 3. P. 606-617.
3. Рылов С.А. и др. Технология обработки данных с космических аппаратов «Канопус-В», «Ресурс-П» и «Метеор-М» для мониторинга и картографирования паводковой ситуации // *Труды конф. «RPRS-2015»*. Красноярск: СФУ, 2015. С. 207-212.
4. Rylov S.A. Semi-supervised learning through hierarchical clustering for interactive aerospace image analysis // *E3S Web of Conferences*. 2019. Vol. 75.



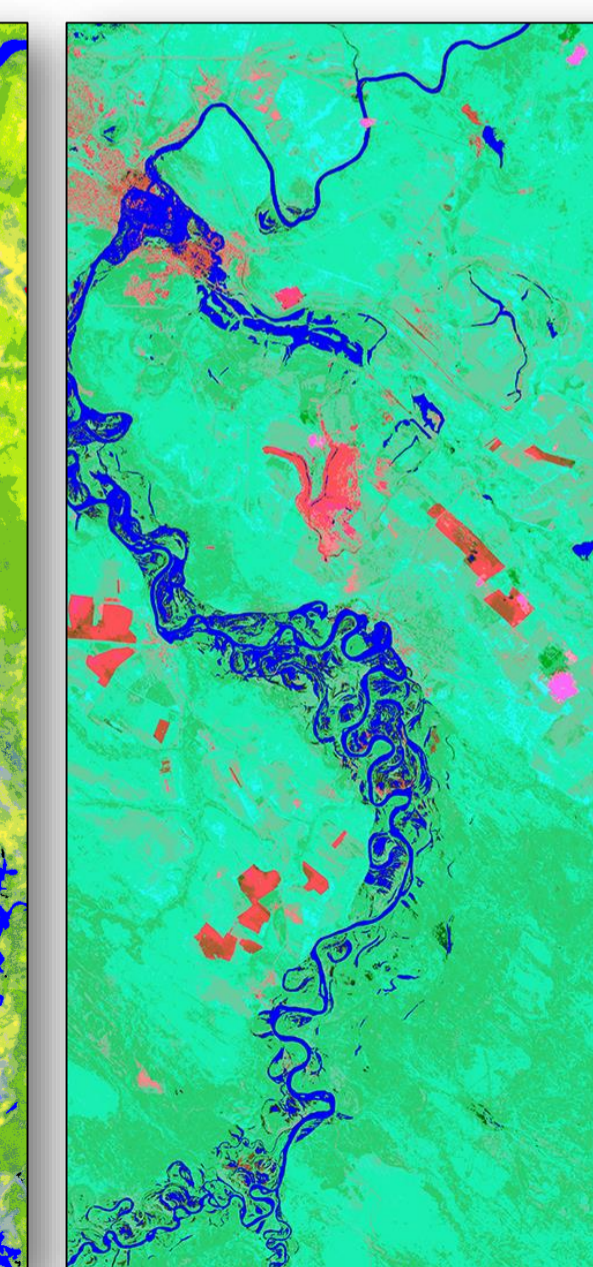
Спутниковый снимок с КА Метеор-М №2 (КМСС) г. Тулун в период паводковой ситуации (29.06.2019)  
Имеются значительные проблемы с коррекцией снимка



Результат автоматического выделения водных объектов  
Поля не отделяются от воды по спектральным характеристикам  
Были интерактивно нанесены обучающие метки



Результат работы предложенного метода  
335 объектов успешно расклассифицированы на водные (синий цвет) и неводные (красный цвет)



Результат автоматического выделения водных объектов на снимке Sentinel-2  
Использовался для валидации