

Спутниковый мониторинг гидromеталлургической активности на территории озера Манас (Синьцзян, КНР)

А. Г. Терехов^{1,2}, Н. Н. Абаев^{2,3}, Е. И. Лагутин⁴

¹ *Институт информационных и вычислительных технологий МОН РК
Алматы, 050010, Казахстан
E-mail: aterekhov1@yandex.ru*

² *Республиканское государственное предприятие «Казгидромет»
Алматы, 050022, Казахстан
E-mail: aterekhov1@yandex.ru*

³ *Казахский национальный университет имени аль-Фараби
Алматы, 050040, Казахстан
E-mail: abayev.nurlan@gmail.com*

⁴ *Институт водных проблем и экологии, Тараз, 080000, Казахстан
E-mail: eliktz5070@mail.ru*

Набор снимков Landsat периода 1990–2020 гг. был использован для изучения динамики изменений состояния дна высохшего оз. Манас, Синьцзян, КНР. После строительства магистрального водного канала Чёрный Иртыш–Карамай в 1999 г., который проходит недалеко от озера, его котловина стала периодически наполняться водой. Режим многолетних изменений площади водного зеркала и развитие антропогенных структур в его котловине указывают на создание там гидromеталлургического комплекса по солнечному выпариванию солевых рассолов. Расположение оз. Манас в Джунгарской равнине на территории крупного Карамайского месторождения нефти позволяет предположить, что гидromеталлургический передел является сопутствующим производством к добыче нефти. По всей видимости, в данном месте проводится подсолевая добыча нефти, которая в последние годы стала дополняться выделением лития из солевого субстрата. Этому способствуют благоприятные климатические условия. Очень сухая и жаркая погода летом обеспечивает чрезвычайно высокую испаряемость воды. Значительный потенциал у процессов солнечного выпаривания рапы в Джунгарской равнине и возможности использования технических ресурсов подсолевой добычи нефти создают хорошую основу для масштабной добычи лития даже из бедного сырья. Схожие условия существуют на нефтяных месторождениях Северного Прикаспия (Казахстан, Россия) и в Таримском бассейне (КНР).

Ключевые слова: дистанционное зондирование, Джунгарская равнина, подсолевая добыча нефти, добыча лития, солевые рассолы, солнечное выпаривание

Одобрена к печати: 20.11.2020

DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-1-243-247

Актуальность работы связана с потребностями в оценках объёмов водопользования трансграничными (КНР – Казахстан) речными ресурсами, в частности р. Чёрный Иртыш в Синьцзян-Уйгурском автономном районе (СУАР) КНР. Аридный климат и нарастающий дефицит воды в Центральной Азии поднимает вопросы водной безопасности для районов Казахстана, расположенных ниже по течению трансграничных рек. Характеристики водопользования в СУАР совместно с оценками режимов увлажнённости территории Казахстана (Терехов и др., 2019, 2020а, б; Terekhov et al., 2020) и СУАР КНР (Терехов, Пак, 2019) представляют для Казахстана значительный интерес.

Озеро Манас расположено в западной части Джунгарской равнины, СУАР КНР (рис. 1). Водных ресурсов поверхностного стока недостаточно для обеспечения всех потребностей в его бассейне, что привело к высыханию озера после 1970-х гг. (Cheng et al., 2006), даже несмотря на некоторое увеличение стока рек Восточного Тянь-Шаня (Ling et al., 2011). Возобновление водного зеркала оз. Манас после более чем 20-летнего его отсутствия по времени совпало с началом функционирования в 1999 г. магистрального водного канала Чёрный Иртыш – Карамай, который проходит недалеко от озера и доставляет воду из р. Чёрный

Иртыш до центра нефтедобычи Синьцзяна — г. Карамай. Очевидно, водные ресурсы этого канала имеют отношение к наполняемости оз. Манас.



Рис. 1. Картограмма рассматриваемого региона, с отмеченным объектом исследования — оз. Манас (СУАР КНР)

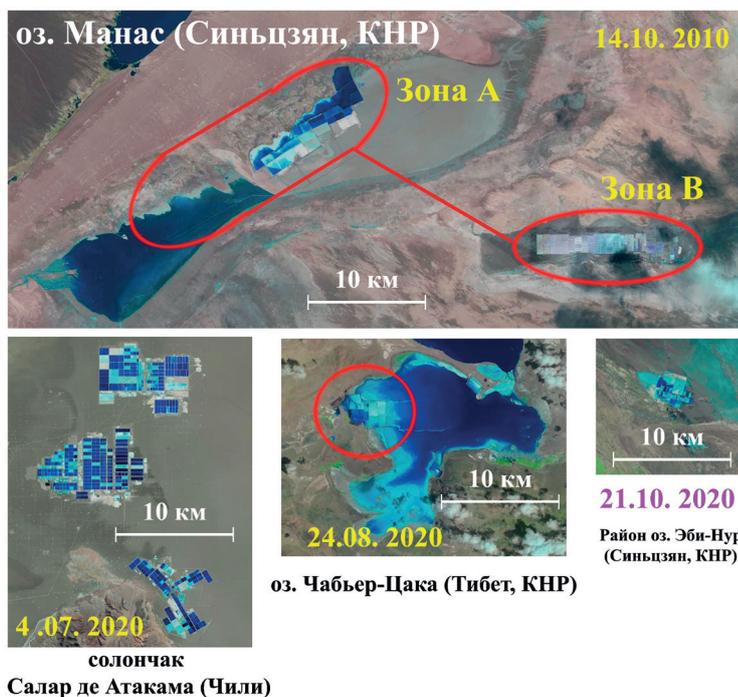


Рис. 2. Гидрометаллургические комплексы добычи солей лития путём солнечного выпаривания рапы в различных местах мира. Фрагменты снимков Landsat

Гидрометаллургические процессы, основанные на солнечном выпаривании пересыщенных солевых рассолов (рапы), используются для получения ряда продуктов, самые востребованные из которых — соли лития. Объём производства зависит от содержания лития в рапе, величины испаряемости воды в месте переработки и площади испарительных прудов. Испаряемость в чрезвычайно сухой и жаркой Джунгарской равнине, где на высоте 244 м н. у. м. (над уровнем моря) расположено оз. Манас, достигает 3000 мм/год (Терехов и др., 2020а). Это выгодно отличает данную местность от других территорий с крупными известными месторождениями лития, например от солончака Салар де Атакама (Чили), расположенного на высоте 2300 м, или оз. Чабьер-Цака (Тибет, КНР), находящегося на высоте 4400 м н. у. м.

(рис. 2, см. с. 244). Потенциал солнечного выпаривания с территории оз. Манас может составлять объём воды до 500 млн м³ в год.

Спутниковый мониторинг с помощью экспертного дешифрирования водного зеркала оз. Манас по снимкам Landsat-5, -7, -8 в период 1990–2020 гг. показал высокую вариативность его площади, которая изменялась в пределах 0–300 км². При этом отсутствовала тесная связь с динамикой других озёр региона, например с однотипным соседним оз. Эби-Нур (Jing et al., 2018) (рис. 3а). Также оз. Манас не имело ожидаемой закономерной внутрисезонной динамики, включающей весенний максимум (апрель) и осенний минимум (сентябрь), что указывает на антропогенное регулирование. Текстура подстилающей поверхности дна озера идентична известным гидрометаллургическим комплексам по солнечному выпариванию пересыщенных солевых рассолов, например солончаку Салар де Атакама (Чили) (см. рис. 2).

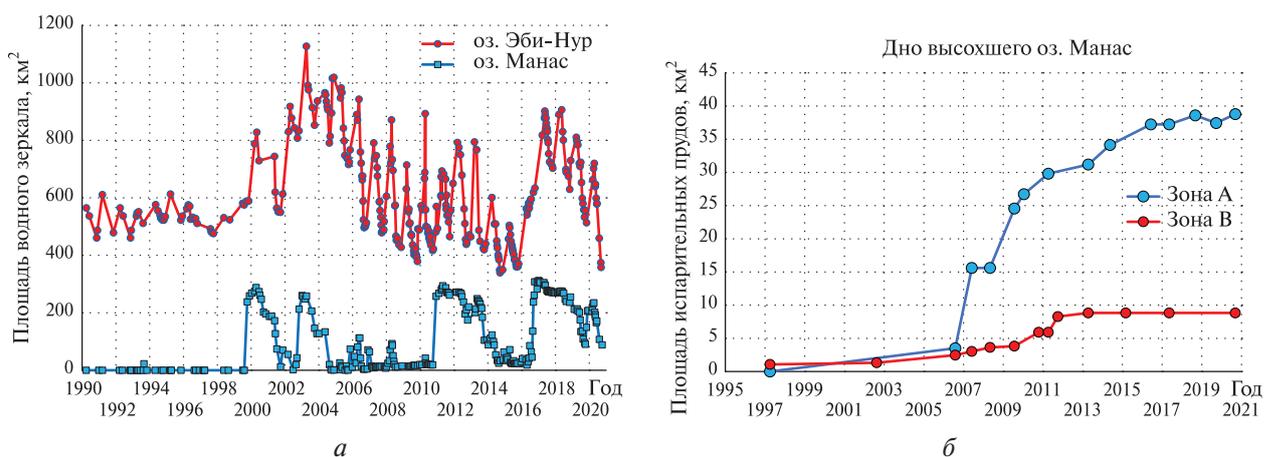


Рис. 3. Динамика размеров водных зеркал некоторых озёр Джунгарской равнины (а); динамика площади испарительных прудов оз. Манас (б) (зоны А и В на рис. 2). Построено по данным Landsat-5, -7, -8 (разрешение 30 м)

Спутниковый мониторинг с помощью Landsat-5, -7, -8 в малооблачном климате Джунгарской равнины даёт возможность регистрации испарительных прудов. Их суммарная площадь по данным мониторинга 1997–2020 гг. имеет положительную динамику (рис. 3б). Резкий рост площади испарителей с 2008 г. совпадает со временем начала бума в производстве лития. Следует отметить, что восточная половина озера, отделённая от западной узким перешейком, по всей видимости, играет роль первичного испарителя, который и формирует периодичность заполнения и высыхания озёрной котловины. Образующийся в озере соляной концентрат (рапа) перекачивается в специально построенные испарительные пруды.

Ключевой вопрос гидрометаллургического передела, организованного в виде солнечного выпаривания соляных рассолов, — это исходная минеральная база. В случае оз. Манас нет достоверной информации о наличии или отсутствии подобной базы. Правда, известно о добыче лития на соседнем оз. Эби-Нур (Jinghe Salt Field) (см. рис. 2). Однако оз. Манас находится на нефтяных полях очень крупного Карамайского месторождения нефти (Taner et al., 1988), а в районах крупнейших месторождений нефти обычно присутствуют соляные пласты большой мощности. Таким образом, на территории оз. Манас, по всей видимости, мы имеем пример комбинации подсолевой добычи нефти с гидрометаллургическим производством солей лития. Похожие климатические и ресурсные условия существуют на нефтепромыслах Прикаспийской низменности (Казахстан, Россия) и в Кашгарской равнине (КНР).

В настоящий момент площадь специально построенных испарительных прудов на территории оз. Манас оценивается по спутниковой съёмке примерно в 50 км², что способно обеспечить испарение 50–100 млн м³ воды в год (см. рис. 3б). В этом случае объём производства карбоната лития может составить 10–20 тыс. т в год на каждые 0,1 % содержания целевого компонента в исходном солевом субстрате.

Работа выполнена при поддержке грантового финансирования Министерства образования и науки Республики Казахстан, проект № AP09562387.

Литература

1. Терехов А. Г., Пак А. А. Спутниковый прогноз влияния пополнения Капшагайского водохранилища (КНР) на водность трансграничной р. Иле в 2019 г. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 4. С. 298–302. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-4-298-302.
2. Терехов А. Г., Витковская И. С., Абаев Н. Н., Долгих С. А. Многолетние тренды в состоянии растительности хребтов Тянь-Шаня и Джунгарского Алатау по данным eMODIS NDVI C6 (2002–2019) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 6. С. 133–142. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-6-133-142.
3. Терехов А. Г., Ивкина Н. И., Юничева Н. Р., Витковская И. С., Елтай А. Г. (2020а). Изменения снежного покрова сухих степей и полупустынь Казахстана на примере бассейна реки Эмбы // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17. № 2. С. 101–113. DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-2-101-113.
4. Терехов А. Г., Абаев Н. Н., Витковская И. С., Пак А. А., Егембердиева З. М. (2020б). О связи между состоянием горной растительности Тянь-Шаня и индексами североатлантической осцилляции в весенне-летний период следующего года // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17. № 2. С. 275–281. DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-2-275-281.
5. Cheng W., Zhou C., Liu H., Zhang Y., Jiang Y., Zhang Y., Yao Y. The oasis expansion and eco-environment change over the last 50 years in Manas River Valley, Xinjiang // Science in China, Series D. 2006. V. 49. P. 163–175. DOI: 10.1007/s11430-004-5348-1.
6. Jing Y., Zhang F., Wang X. Monitoring dynamics and driving forces of lake changes in different seasons in Xinjiang using multi-source remote sensing // European J. Sensing. 2018. V. 51(1). P. 150–165. DOI: 10.1080/22797254.2017.1413955.
7. Ling H., Xu H., Shi W., Zhang Q. Regional climate change and its effects on the runoff of Manas River, Xinjiang, China // Environmental Earth Sciences. 2011. V. 64. P. 2203–2213. DOI: 10.1007/s12665-011-1048-2.
8. Taner I., Kamen-Kaye M., Meyerhoff A. Petroleum in the Junggar basin, northwestern China // J. Southeast Asian Earth Sciences. 1988. V. 2. Iss. 3–4. P. 163–174. DOI: 10.1016/0743-9547(88)90027-X.
9. Terekhov A. G., Vitkovskaya I. S., Abayev N. N. The effect of changing stratification in the atmosphere in central zone of Eurasia according to vegetation data of Tien Shan mountains during 2002–2019 // E3S Web Conf. 2020. V. 149. No. 03004. DOI: 10.1051/e3sconf/202014903004.

Satellite monitoring of hydrometallurgical processing on Lake Manas, Xinjiang, Northwest China

A. G. Terekhov^{1,2}, N. N. Abayev^{2,3}, E. I. Lagutin⁴

¹ Institute of Information and Computing Technology MES RK
Almaty 050010, Kazakhstan
E-mail: aterekhov1@yandex.ru

² RSE Kazhydromet, Almaty 050022, Kazakhstan
E-mail: aterekhov1@yandex.ru

³ Al-Farabi Kazakh National University, Almaty 050040, Kazakhstan
E-mail: abayev.nurlan@gmail.com

⁴ Institute of Water Problems and Ecology, Taras 080000, Kazakhstan
E-mail: eliktz5070@mail.ru

A set of Landsat images from 1990 to 2020 was used to study the dynamics of land cover — land use changes in the bottom of the dried-up lake Manas, Xinjiang, Northwest China. After the construction of the main water channel Black Irtysh — Karamay in 1999, the lake bottom was periodically filled with

water. The regime of long-term changes in the water area and the development of anthropogenic structures in its bottom indicate the creation of a hydrometallurgical complex for solar evaporation of salt brines. Location of the Manas Lake in the Dzungarian plain on the territory of the Karamay Oil fields suggests that hydrometallurgical processing is a concomitant of petroleum production. Apparently, this place is used for subsalt oil production, which is combined with the Lithium extraction from the salt-lake brines. This is facilitated by favorable climatic conditions. Very dry and hot summer weather provides extreme water evaporation. The significant potential of solar water evaporation in the Dzungarian plain and the possibility of using the technical resources of subsalt oil production create a good basis for large-scale Lithium extraction. Similar conditions exist in the oil fields of the Northern Caspian region (Kazakhstan, Russia) and Tarim basin (China).

Keywords: remote sensing, Dzungarian plain, subsalt oil production, lithium extraction, salt-lake brine, solar evaporation

Accepted: 20.11.2020

DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-1-243-247

References

1. Terekhov A. G., Pak A. A., Sputnikovyi prognoz vliyaniya popolneniya Kapshagaiskogo vodokhranilishcha (KNR) na vodnost' transgranichnoi r. Ile v 2019 g. (Influence of the Kapshagay reservoir (China) refill on transboundary River Ile runoff and satellite-based forecasting), *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2019, Vol. 16, No. 4, pp. 298–302, DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-4-298-302.
2. Terekhov A. G., Vitkovskaya I. S., Abayev N. N., Dolgikh S. A., Mnogoletnie trendy v sostoyanii rastitel'nosti khrebtov Tyan'-Shanya i Dzhungarskogo Alatau po dannym eMODIS NDVI C6 (2002–2019) (Long term trends in vegetation in Tien-Shan and Dzungarian Alatau from eMODIS NDVI C6 data (2002–2019)), *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2019, Vol. 16, No. 6, pp. 133–142, DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-6-133-142.
3. Terekhov A. G., Ivkina N. I., Yunicheva N. R., Vitkovskaya I. S., Yeltay A. G. (2020a), Izmeneniya snezhnogo pokrova sukhikh stepei i polupustyn' Kazakhstana na primere basseina reki Emby (Snow cover changes of the Kazakhstan dry steppes and semi-deserts: the case of River Emba basin studies), *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2020, Vol. 17, No. 2, pp. 101–113, DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-2-101-113.
4. Terekhov A. G., Abayev N. N., Vitkovskaya I. S., Pak A. A., Yegemberdyeva Z. M. (2020b), O svyazi mezhdru sostoyaniem gornoj rastitel'nosti Tyan'-Shanya i indeksami Severo-Atlanticheskoi Ostsillyatsii v vesenneletnii period sleduyushchego goda (Links between the vegetation state over Tien-Shan mountains and North Atlantic Oscillation indices of the upcoming season), *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2020, Vol. 17, No. 2, pp. 275–281, DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-2-275-281.
5. Cheng W., Zhou C., Liu H., Zhang Y., Jiang Y., Zhang Y., Yao Y., The oasis expansion and eco-environment change over the last 50 years in Manas River Valley, Xinjiang, *Science in China, Series D.*, 2006, Vol. 49, pp. 163–175, DOI: 10.1007/s11430-004-5348-1.
6. Jing Y., Zhang F., Wang X., Monitoring dynamics and driving forces of lake changes in different seasons in Xinjiang using multi-source remote sensing, *European J. Remote Sensing*, 2018, Vol. 51, No. 1, pp. 150–165, DOI: 10.1080/22797254.2017.1413955.
7. Ling H., Xu H., Shi W., Zhang Q., Regional climate change and its effects on the runoff of Manas River, Xinjiang, China, *Environmental Earth Sciences*, 2011, Vol. 64, pp. 2203–2213, DOI: 10.1007/s12665-011-1048-2.
8. Taner I., Kamen-Kaye M., Meyerhoff A., Petroleum in the Junggar basin, northwestern China, *J. Southeast Asian Earth Sciences*, 1988, Vol. 2, Issue 3–4, pp. 163–174, DOI: 10.1016/0743-9547(88)90027-X.
9. Terekhov A. G., Vitkovskaya I. S., Abayev N. N., The effect of changing stratification in the atmosphere in central zone of Eurasia according to vegetation data of Tien Shan mountains during 2002–2019, *E3S Web Conf.*, 2020, Vol. 149, No. 03004, DOI: 10.1051/e3sconf/202014903004.