

**КАРТИРОВАНИЕ РАЗГРУЗКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БПЛА**  
**Шеходанов В.О.<sup>1,2</sup>**

Научный руководитель профессор Дутова Е.М.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ООО «ТЦ «Эвенкиягеомониторинг», г. Красноярск, Россия

<sup>2</sup>Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия

<sup>3</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В настоящее время, вновь становятся актуальными и востребованными гидрогеологические исследования на участках разведки и добычи твердых полезных ископаемых. Для получения достоверных данных для будущего расчета или моделирования водопритоков в горные выработки, будь то вентиляционные шахтные стволы, штольни или карьеры открытой добычи, необходимо на всех стадиях геологоразведочных работ уделять особое внимание изучению гидрогеологических условий месторождения. Недостаточная изученность может приводить в дальнейшем к экономическим потерям или даже к полной невозможности или не рентабельности проведения добычи.

В данной статье мы бы хотели остановиться на таком важном аспекте гидрогеологического изучения территории, как картирование разгрузки подземных вод – поиск выходов подземных вод (родников).

Актуальность данного аспекта связана с тем, что этот метод необходим при проведении гидрогеологических работ различной направленности. При разведке месторождений - внедрение гидрогеохимического метода способствует повышению их эффективности [1]. При гидрогеологическом картировании территории, а также при моделировании водопритоков на месторождениях твердых полезных ископаемых - позволяет выделять зоны разгрузки подземных вод и описывать их химический состав, без бурения дополнительных гидрогеологических скважин

Таким образом, важной задачей является получения информации о наличии и месторасположении выходов подземных вод на участке работ. А также важным является максимально быстрой и экономичный способ получения данной информации.

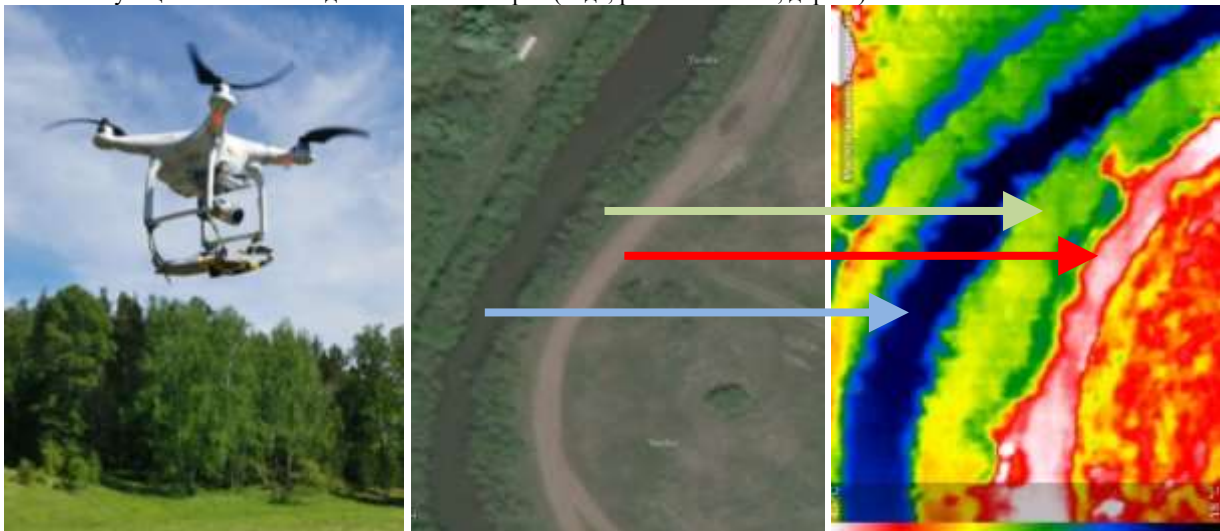
Одним из методов определения зон разгрузки – дешифрирование космоснимков. Например, использование весенних космоснимков может позволить выявить зоны выходов подземных вод [2]. Этот метод был применен автором на объекте в Шарыповском районе Красноярского края. Однако, существенный недостаток данного метода в том, что в свободном доступе могут отсутствовать необходимые снимки на исследуемую территорию.

В связи с развитием технологий в сравнительной доступности появилось множество беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), в том числе квадрокоптеров. Использование БПЛА для съёмки местности не является чем-то новым, однако актуальным и новым является сама доступность их использования.

Сами по себе фотоснимки с камеры встроенной в квадрокоптер являются хорошим материалом для дешифрирования, которые на участке работ можно получить в необходимое время года.

В нашей работе мы решили использовать не только фотоснимки в видимом диапазоне, а использовать комбинацию со снимками в инфракрасном диапазоне, которые получены с помощью тепловизора. Авторы использовали портативный тепловизор Seek Thermal, который подключается к смартфону и в специальном приложении позволяет делать фото- и видеоснимки и квадрокоптер DJI Phantom 3 SE. Для установки на него тепловизора со смартфоном, был разработан легкий тканевый чехол, общая конструкция показана на рисунке.

В основе данной методики лежит разница температуры различных объектов в разное время года. Например, в весенний период при отрицательных температурах, будем получать более холодные участки земли и более теплые открытых водных объектов. В летний период наоборот. Для апробации данной методики в летний период был выбран солнечный день, для того чтобы разница температур водных объектов и остальных объектов была максимальна. Результаты съемки в обоих спектрах показаны на рисунке. Стрелками показаны как отображаются соответствующие объекты в видимом и ИК спектрах (вода, растительность, дорога).



*Рис. Конструкция крепления, космоснимок и фрагмент съемки тепловизором данной территории*

Анализируя полученные снимки, определено, что основные объекты, которые могут попадать в объектив: дороги без растительности, заросшие участки различного состава и густоты, а также интересующие нас водные объекты. При полученных кадрах дороги имеют максимальную температуру, до 40 °С в жаркий день, растительность 25-30 °С, а водные объекты, в данном случае река, прогретая до температуры 18-20 °С.

Во время использования такой сборной конструкции были определены основные трудности. Для получения непрерывных снимков земной поверхности пришлось использовать видео режим, так как при такой сборке системы, нет возможности выполнения дистанционных фотографий с тепловизора. Чехол в полученном исполнении, с одной стороны хорошо отцентрирован и даже с дополнительным весом в виде смартфона и тепловизора, квадрокоптер летает стабильно, но с другой стороны перекрывает часть обзора камеры квадрокоптера и не позволяет делать снимки одновременно с одной и той же точки. В продаже существуют модели квадрокоптеров со встроенным тепловизором, которые бы лучше подошли для целей таких поисков, но их цена намного превышает собранную авторами конструкцию.

Таким образом, в процессе съемки и дешифрирования была определена потенциальная возможность использования снимков даже с любительского тепловизора для выявления водных объектов. В дальнейшем планируются конструкторские улучшения данной сборки, для получения одновременной съемки как с камеры видимого, так и инфракрасного спектров. А также апробации методики на территориях с заведомо известным расположением родников в разные времена года.

#### Литература

1. Удодов, П. А. Методическое руководство по гидрогеохимическим поискам рудных месторождений [Текст] / П. А. Удодов. – М.: Недра, 1973. – 184 с.
2. Шеходанов, В. О. Гидрогеохимические исследования в составе поисково-разведочных работ на Печищенской площади / В. О. Шеходанов ; науч. рук. Е. М. Дутова // Проблемы геологии и освоения недр : труды XXV Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 120-летию горногеологического образования в Сибири, 125-летию со дня основания Томского политехнического университета, Томск, 5-9 апреля 2021 г. : в 2 т. — Томск : Изд-во ТПУ, 2021. — Т. 1. — [С. 283-285].

### **НОВЫЕ ДАННЫЕ О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ РЕКИ ЯМУНА (ДЕЛИ, ИНДИЯ)**

**Ядав Б.**

Научный руководитель доцент Токаренко О.Г.

**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия**

Река Ямуна берет начало с ледника Ямунотри в Гималаях и является крупнейшим притоком реки Ганг в Индии. При всей протяженности пути около 1380 км она проходит через несколько штатов, таких как Химачал-Прадеш, Уттар-Прадеш, Уттаракханд, Харьяна и Дели. Порядка 60 млн человек зависят от состояния ресурсов рассматриваемой реки. Однако река Ямуна, протекающая через Дели от плотины Вазирабад вниз по течению до плотины Охла, считается самой загрязненной частью реки. Со временем произошло радикальное изменение качества воды реки Ямуна в районе плотин Вазирабад и Охла по причине сброса неочищенных сточных вод из 17 мелких и крупных канализационных стоков. Промышленная зона Наджафгарх осуществляет сброс сточных вод напрямую в реку. Кроме того, р. Ямуна сильно подвержена влиянию сезона дождей [1], что приносит в реку дополнительное загрязнение с прилегающих территорий. В первые дни муссона (с июля по сентябрь) расход воды высокий с полным спектром почвенных частиц в речных отложениях, и в этот период река также достигает уровня паводка. В период отсутствия муссонов (с октября по июнь) река находится в естественном течении, где происходит рост водных водорослей и поддерживается речное биоразнообразие [2].

Целью настоящего исследования было изучение основных параметров химического состава воды для дальнейшей оценки качества реки Ямуна в районе г. Дели (Индия), где вода р. Ямуна используется для хозяйственно-бытового водоснабжения населения города, а также для целей орошения сельскохозяйственных угодий в различных штатах Северной Индии. Для достижения поставленной цели необходимо решить несколько задач: 1. Произвести отбор проб из реки Ямуна с своевременной доставкой проб в лабораторию; 2. Проанализировать химический состав и сопоставить полученные данные с действующими на территории Российской Федерации нормативами предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (ПДК<sub>рбх</sub>).

Район исследования охватывает 22-километровый участок реки Ямуна, протекающей через г. Дели, втекающей в плотину Вазирабад и вытекающей из плотины Охла (рис.1а). Непосредственно г. Дели занимает площадь 1483 км<sup>2</sup> между 28°34' северной широты и 77°07' восточной долготы, находится на высоте 213 м над уровнем моря.

В процессе исследования всего было отобрано 4 пробы воды из 4 точек опробования в объеме, необходимом для анализа макро- и микрокомпонентного состава вод (рис.1б, табл.1). Пробы воды были отобраны автором 11 февраля 2022 г. (рис.1б).

Определение химического состава вод выполнено в проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии Томского политехнического университета (Россия). Показатели воды анализировались методами титриметрии, атомной адсорбции, дурбидиметрии, масспектрометрии с индуктивно связанной плазмой и др.

В соответствии с результатами исследования (табл. 2), воды реки Ямуна по значениям минерализации являются умеренно и собственно пресными, околонейтральными и слабощелочными, по значениям жесткости – умеренно жесткие. По химическому типу воды не однокатионные, состав катионной и анионной составляющей по мере направления течения меняется. Так, например, в точках 1 и 2 воды гидрокарбонатные кальциевые или кальциево-магниево-магниево (точка 2), тогда как в точках 3 и 4, которые расположены ниже по течению, воды меняют свой